

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Návrh transformátorovne pre skúšobňu firmy INA Kysuce**  
Substation Technical Project for Testing Room of Manufacturing Firm  
INA Kysuce

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Andrej Foltýnek**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Návrh transformovny pro zkušebnu firmy INA Kysuce**  
**Substation Technical Project for Testing Room of Manufacturing Firm**  
**INA Kysuce**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor elektrických stanic (transformoven)
2. Dimenzování silového vybavení rozvodných zařízení
3. Popis elektrozařízení zkušebny firmy INA Kysuce, instalované výkony, soudobost
4. Návrh technického řešení transformovny pro zkušebnu
5. Technické a ekonomické zhodnocení navržené transformovny

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Montanex a.s., Ostrava, 2008.
2. Pauza, J., Krychtánek, Z.: Elektrické stanice. SNTL Praha, 1989.
3. Santarius P.: Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB Ostrava, 1993.
4. Horák, K.: Výpočet elektrických sítí. SNTL Praha, 1980.
5. Firemní literatura a katalogy.
6. Technická dokumentace zkušebny firmy INA Kysuce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
*vedoucí katedry*



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

### Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem že diplomovú prácu som vypracoval samostatne a že som uviedol všetku použitú literatúru.

Dátum:.....27.3.2015.....

Podpis:..........

### **Pod'akovanie**

Týmto chcem poďakovať vedúcemu diplomovej práce doc. Dr. Ing. Zdeňkovi Medvecovi a konzultantke pani Ing. Gabriele Bernhauserovej za odborné vedenie, cenné rady a pomoc pri spracovaní zadanej témy.

## **Abstrakt**

Diplomová práca na tému „Návrh transformátorovne pre skúšobňu firmy INA Kysuce“ sa zaoberá elektrickými stanicami, predovšetkým transformátorovňami. V prvej časti práce sú popísané jednotlivé typy elektrických staníc, ich delenie a charakteristika. Nasledujúca časť sa zaoberá spôsobmi dimenzovania transformátorových staníc, spínacími prístrojmi používanými v transformátorovniach ako aj istiacimi prvkami. Značná časť práce je venovaná analýze súčasného stavu. V týchto kapitolách bol podrobne vypracovaný zoznam všetkých zariadení skúšobne, ako aj spracované faktúry a platby za elektrickú energiu. Záverečná časť pozostáva zo samotného návrhu transformátorovne, od výberu transformátorovne, transformátora po dimenzovanie istenia vývodov. Súčasťou práce sú aj cenové ponuky na dodávku elektrickej energie ako aj na výstavbu transformátorovne, ktoré sú v závere vyhodnotené.

## **Kľúčové slová**

elektrické stanice, transformátorovne, cena elektrickej energie, inštalovaný príkon, skúšobňa firmy INA Kysuce

## **Abstract**

The diploma thesis „Substation technical project for testing room of manufacturing firm INA Kysuce“ deals particularly with the electrical substations. In the first part of the thesis there are the division and the description of various types of electrical substations. In the following chapters there are information about how to set the size of substations, the connectors used in substations as well as the circuit breakers. The major part of the thesis concentrates on the analyses of the actual state of the testing room. In these chapters there are an elaborate list of all test rigs used in the testing room of INA Kysuce, the information about the invoices and payments for electricity. The final part of the thesis consists of the substation technical project, the selection of the transformer and the fuses for outputs. The thesis also includes the assessed bids for the distribution of electricity as well as the bid for the construction of the substation.

## **Key words**

substations, electricity prices, customer connected load, testing room in INA Kysuce

# Obsah

Úvod.....	7
1   Elektrizačná sústava .....	8
2   Elektrické stanice .....	9
2.1   Pripojenie elektrickej stanice do elektrizačnej sústavy.....	11
2.2   Hlavné časti elektrických staníc .....	12
2.3   Základné prvky elektrických staníc .....	12
2.4   Schémy elektrických staníc .....	18
2.5   Schémy staníc podľa počtu a druhu prípojnic .....	18
2.6   Odbočky v rozvodných zariadeniach.....	22
3   Ovládanie spínacích prístrojov .....	24
3.1   Prevádzková manipulácia .....	24
3.2   Blokovanie prístrojov .....	25
4   Dimenzovanie silového vybavenia rozvodných zariadení .....	27
4.1   Dimenzovanie podľa prevádzkového napätia a prúdu.....	27
4.2   Dimenzovanie podľa účinkov skratových prúdov .....	28
5   Sieťové transformátory.....	30
5.1   Transformátory .....	30
5.2   Veľkosť rezervy v transformátoroch .....	32
6   Priemyselný rozvod elektrickej energie .....	34
7   Elektrické ochrany a istenie v priemyselnom rozvode.....	35
7.1   Druhy istiacich prístrojov .....	39
8   Cena elektrickej energie .....	41
8.1   Ponuka Stredoslovenská energetika a.s. ....	42
9   Charakteristika aktuálneho stavu, inštalovaný výkon, súdobosť .....	44
10   Návrh vhodného technického riešenia .....	48
11   Odhad nákladov na výstavbu transformátorovne .....	51
Záver .....	52
Zoznam literatúry .....	54
Zoznam príloh .....	56

## Úvod

Elektrická energia je v dnešnej dobe neoddeliteľnou súčasťou nášho každodenného života. Využíva sa prakticky neustále a to nie len v domácnostiach, ale aj vo firmách či výrobných závodoch. Väčšina z týchto firiem by bez elektriny nemohla existovať. Z tohto dôvodu je dôležité mať spoľahlivého a kvalitného dodávateľa. Elektrická energia nie je zadarmo a pre niektoré spoločnosti môžu byť platby za elektrinu naozaj vysoké. O to dôležitejší je výber dodávateľa a dojednanie podmienok dodávky a ceny elektrickej energie.

Cieľom tejto diplomovej práce je zvýšenie stability dodávky elektrickej energie, zníženie počtu výpadkov v dodávke a taktiež zníženie ceny elektrickej energie pre Skúšobňu firmy INA Kysuce s.r.o. Jednaním s našim aktuálnym dodávateľom sa nepodarilo dosiahnuť zvýšenie kvality v dodávke elektriny ani zníženie nákladov. Z týchto dôvodov je najvhodnejším riešením výstavba vlastnej transformátorovne a zmena dodávateľa. Práve za týmto účelom vznikla táto diplomová práca.

V počiatočných kapitolách práce sú popísané jednotlivé typy elektrických staníc, ich delenie a charakteristika. Ďalšie kapitoly sa zaoberajú spôsobmi dimenzovania transformátorových staníc, spínacími prístrojmi používanými v transformátorovniach, ako aj istiacimi prvkami. Značná časť práce je venovaná analýze súčasného stavu. V kapitole 9 bol podrobne vypracovaný zoznam všetkých zariadení skúšobne, ako aj spracované faktúry a platby za elektrickú energiu. Záverečná časť pozostáva zo samotného návrhu transformátorovne, od výberu transformátorovne, transformátora po dimenzovanie istenia vývodov. Súčasťou práce sú aj cenové ponuky na dodávku elektrickej energie ako aj na výstavbu transformátorovne, ktoré sú v závere vyhodnotené.

# 1 Elektrizačná sústava

Elektrizačná sústava slúži k prenosu a rozvodu elektrickej energie zo zdroja až po koncový odber. Delí sa na prenosovú a distribučnú sústavu. Prenosová sústava slúži k prenosu veľkých výkonov na väčšie vzdialenosti a spája hlavné zdroje a uzly sústavy. Úlohou distribučnej sústavy je prenos energie ku koncovým odberateľom, obvykle prenáša menšie výkony s väčším územným pokrytím. Distribučná sústava napája terciálnu oblasť (domácnosti, byty atď.), priemyslové a dopravné siete.

Každá časť elektrizačnej sústavy musí v čo najväčšej miere spĺňať nasledujúce požiadavky[1]:

- zaistiť bezpečnosť osôb,
- zaistiť dostatočnú, spoľahlivú a kvalitnú dodávku elektrickej energie spotrebiteľom,
- výrazne znižovať náročnosť prevádzky a údržby sústavy,
- pracovať s vysokou účinnosťou,
- pracovať s väčším počtom zdrojov a elektrických staníc,
- využívať odpadné teplo,
- schopnosť riadiť odber elektrickej energie,
- byť materiálovo nenáročná,
- musí mať minimálny vplyv na životné prostredie.

Elektrizačné sústavy sú tvorené jednotlivými sieťami, zdrojmi a elektrickými stanicami. Pod pojmom elektrická sieť rozumieme súhrn všetkých galvanicky spojených častí na jednej napäťovej hladine. Siete jednotlivých napäťových a prúdových sústav sú od seba oddelené transformátormi alebo meniarňami. Prenosová sústava je u nás tvorená sieťami 3 ~ 50 Hz 400 kV a 3 ~ 50 Hz 220 kV, obe s účinne uzemneným uzlom. Vyššie napäťové hladiny sa používajú iba v zahraničí.

Elektrárne sa pripájajú priamo do prenosovej sústavy na hladinu 400 alebo 220 kV, niekedy do sietí 110 kV a z nej zvyšovacími transformátormi pripojenými na prenosovú sieť. Uzly prenosovej sústavy sú tvorené elektrickými stanicami, ktorých úlohou je spínať rôzne vetvy sústavy, zvyčajne aj transformovať elektrickú energiu na inú napäťovú hladinu, napríklad z prenosovej na distribučnú sústavu.



## 2 Elektrické stanice

Elektrické stanice je možné rozdeliť podľa rôznych kritérií. Podľa funkcie sa delia na:

- transformátorovne,
- meniarne,
- spínacie stanice,
- kompenzátorovne.

Transformátorovňou rozumieme súhrn zariadení a budov slúžiacich na premenu elektrickej energie jednej napäťovej hladiny na inú hladinu. Prúdová sústava ostáva zachovaná. Hlavnou súčasťou sú transformátory. Ak je primárne napätie väčšie ako sekundárne, hovorí sa o znižovacích transformátoroch a naopak ak je primárne napätie menšie ako sekundárne, ide o zvyšovacie transformátory. Existujú aj transformátory s rovnakým primárnym a sekundárnym napätím, ktoré sa označujú ako oddeľovacie. Vo väčšine prípadov slúži transformátorovňa aj ako rozvodňa, nakoľko sa výstupný uzol rozdeľuje do viacerých vetví [2].

Meniarne sú elektrické stanice slúžiace k premene elektrickej energie z jednej prúdovej sústavy na inú. Napríklad striedavý prúd na jednosmerný, zmena z trojfázovej sústavy na jednofázovú, zmena frekvencie atď. Pre premenu striedavého prúdu na jednosmerný sa v súčasnosti využívajú riadené tyristorové usmerňovače. Používajú sa hlavne v priemysle pri elektrolytickej výrobe a pre trakciu v doprave, napríklad pre pohon električiek a trolejbusov [2].

Spínacie stanice sú súhrnom zariadení a stavieb, ktorý umožňuje spínanie obvodov rovnakého menovitého napätia a rovnakej prúdovej sústavy a tým umožňujú rozvod elektrickej energie. Môžu byť vybudované samostatne, alebo ako súčasť inej stanice (napríklad transformátorovne).

Kompenzátorovne slúžia na kompenzácie jalového výkonu v elektrickej sieti. Môžu byť realizované stacionárnymi alebo rotačnými strojmi. Tieto zariadenia – statické alebo dynamické sú zvyčajne inštalované v uzloch elektrizačnej sústavy a bývajú taktiež súčasťou transformátorovní. V priemysle sa pre kompenzáciu účinníku využívajú kondenzátorové batérie centrálné alebo skupinovo. Pri centrálnej kompenzácii je jedna kompenzátorovňa pre celý podnik. Pri skupinovej kompenzácii sú kompenzované skupiny zariadení, napríklad v podružných rozvádzačoch.

Elektrické stanice sa podľa spôsobu prevádzky delia na:

- s obsluhou,
- bez obsluhy,
- s dohľadom,
- s diaľkovým riadením.

Podľa začlenenia v elektrizačnej sústave ich delíme na:

- uzlové,
- koncové,
- styčné,
- trakčné,
- závodné,
- rozvodné.

Podľa vyhotovenia sa delia na:

- stále,
- provizórne,
- mobilné,
- podzemné,
- skriňové,
- zapuzdrené.

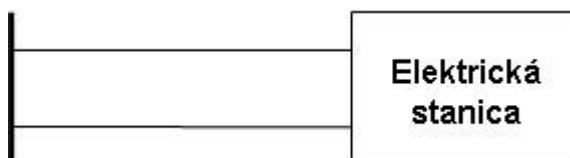


Obr. 2-1 Elektrická rozvodňa [3]

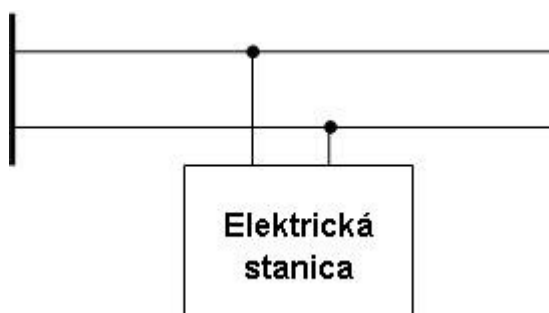
## 2.1 Pripojenie elektrickej stanice do elektrizačnej sústavy

Elektrizačné stanice môžu byť pripojené do sústavy nasledujúcim spôsobom:

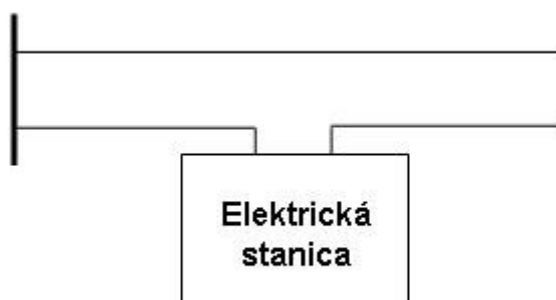
- Zvláštnym vedením pre koncového používateľa
- T spojením odbočením z hlavnej trasy ku koncovému odberateľovi
- Zaslučkovaním vedenia



Obr. 2-2 Pripojenie stanice zvláštnym vedením [1]



Obr. 2-3 Pripojenie stanice odbočením z hlavnej trasy [1]



Obr. 2-4 Pripojenie stanice zaslučkovaním vedenia [1]

## 2.2 Hlavné časti elektrických staníc

Elektrické stanice sú tvorené tromi základnými časťami – elektrickou, pomocnou a stavebnou.

Elektrická časť je tvorená:

- rozvodnými zariadeniami, rozvodňami, rozvádzačmi a rozvodnicami,
- transformátormi hlavnými aj pomocnými (pre vlastnú spotrebu stanice),
- kompenzačnými zariadeniami,
- spoločnými zariadeniami – ochranná sústava, zariadenia zaisťujúce chod stanice, uzemnenia, zariadenia pre výrobu a rozvod stlačeného vzduchu, zariadenia, pre ovládanie, meranie, riadenie atď.

Pomocné časti slúžia na zabezpečenie prevádzky a údržby. Patria sem napríklad olejové hospodárstvo, laboratória, dielne, sklady, administratívne priestory. [4]

Medzi stavebné časti patrí napríklad pozemok, budovy, vonkajšie i vnútorné stavebné konštrukcie, komunikácie, oplotenie...

## 2.3 Základné prvky elektrických staníc

Medzi základné prvky elektrických staníc patria vodiče, izolátory, nosné konštrukcie a spínacie prístroje.

### Vodiče

Vodiče sa používajú na prepojenie zariadení v odbočkách a takisto ako prípojnice. Vo vnútorných rozvodniach sa väčšinou používajú káblové spoje, prípojnice sú tvorené pásovými vodičmi - hliníkovými alebo medenými. Vonkajšie rozvodne majú lanové typu AlFe alebo hliníkové trubkové vodiče použité na prepojenia aj prípojnice. Minimálny prierez AlFe lán v rozvodniach vvn a zv n je pri hlavných prípojniciach  $350 \text{ mm}^2$  a  $185 \text{ mm}^2$  pri pomocných prípojniciach a spojoch v odbočkách. Používajú sa laná 750/43 AlFe, prípadne zväzkové vodiče. Laná sa zakotvujú na konštrukcie pomocou izolátorov, na ktoré sa upevňujú armatúrami a svorkami. Na pripojovacie svorníky prístrojov sa pripojujú prístrojovými svorkami.

Vodiče musia odoláť silovým a tepelným účinkom prevádzkových i poruchových prúdov a účinkom prepätí a podľa toho ich je potrebné nadimenzovať pri návrhu stanice. U lanových vodičov vonkajších rozvodní je dôležité zohľadniť tiež ťahy vo vodičoch a ich vzdialenosti od zeme, medzi sebou, prípadne od iných zariadení alebo vodičov pre rôzne atmosférické podmienky (teplota, vietor, námraza). Menovité prúdové zaťaženia holých vodičov, lán a káblov je dané technickou normou STN a predpismi výrobcov. Tieto dovoľené zaťaženia závisia na materiáli vodičov, druhu izolácie a spôsobe uloženia vodičov.



Obr. 2-5 Vodič ACCR [5]

### Izolátory

Na upevnenie holých vodičov sa používajú izolátory podperné, závesné alebo ako priečhodky cez steny. Pre charakteristiku izolátorov sú dôležité nasledovné technické údaje:

- menovité napätie,
- rázové skúšobné napätie,
- striedavé skúšobné napätie (za sucha alebo za mokra),
- mechanická pevnosť v ohybe (podpierky, priečhodky) alebo v ťahu (závesné izolátory) prípadne aj v krútení (vonkajšie izolátory).

Podpierky a priečhodky sa najčastejšie vyrábajú z technického porcelánu, môžu však byť aj plastové, silikónové alebo sklenené. Priečhodky sa môžu montovať na priečhodové dosky (skrutkovacie priečhodky), ktoré sa potom vkladajú do otvorov v stenách.

Na zavesenie lanových vodičov sa používajú závesné izolátory - porcelánové alebo sklenené. Z dôvodu nerovnomerného rozloženia napätia na izolátorovom reťazci (najväčšie priložené napätie je na izolátore pri vodiči s napätím) sa používajú ochranné kruhy alebo rohy na zrovnomenenie napäťového namáhania reťazca. Tie sú taktiež ochranou izolátorov pred poškodením pri preskoku.

Izolátory môžu byť tvorené:

- izolátorovými reťazcami z tanierových izolátorov,
- izolátorovými reťazcami z hmlových izolátorov,
- závesnými tyčovými izolátormi.

Pre zvýšenie mechanickej pevnosti sa izolátorové reťazce často zdvojujú. K izolátorom ďalej patria spojovacie, kotevné, nosné a ochranné armatúry, tlmiče vibrácií, spojky a svorky.



Obr. 2-6 Ťahové kompozitné izolátory Tenax FXBW 25 a FXBW 38 [6]

### **Nosné konštrukcie**

Nosné konštrukcie slúžia na zachytenie ťahov a tiaží vodičov a na montáž prístrojov a ďalších zariadení. U vonkajších rozvodní sa hlavné nosné konštrukcie vyrábajú z ocele alebo železobetónu. Železobetónové konštrukcie nevyžadujú údržbu, nevýhodou je ich veľká hmotnosť. Nosné konštrukcie

sa montujú na betónové základy, ktoré musia vyčnievať nad úroveň terénu aspoň 100 mm, aby ku konštrukcii nezatekala voda. Medzi pomocné nosné konštrukcie patria nosné konštrukcie pre odpájače (stoličky), koľajnice pre elektrické prístroje a stroje, káblové lávky, stoličky pre káblové koncovky, zábradlia a pod.

Pri vonkajších konštrukciách rozvodní je potrebné zohľadniť trvalé namáhanie ťahmi vodičov v prvom poli vedení zaústených do rozvodne, ťahmi vodičov v rozvodni, vplyvom vetra (v smere vodičov a kolmo na vodiče) a v zvislom smere hmotnosťou konštrukcie, vodičov, izolátorov a všetkých ďalších zariadení nesených konštrukciou, vrátane námrazku. Okrem toho nosné konštrukcie môžu byť namáhané aj prechodnými zaťažzeniami, ktoré vznikajú pri roztrhnutí vodiča (počíta sa s roztrhnutím jedného vodiča), pri skrate (zvýšenie ťahu vo vodičoch pôsobením skratových síl) alebo pri výstupe osôb na konštrukciu.

V krytých rozvodniach sa musia u stien uvažovať ťahy a sily spôsobené vedeniami uchytanými na budovu. Podlahy musia zniesť tiaže rámov jednotlivých kobiek, vrátane prístrojov a zariadení na nich upevnených. Pri vypínačoch sa okrem ich tiaže počíta aj s mechanickým rázom pri vypínaní. V uličkách a chodbách sa navyše uvažuje s prechodným zaťažením pri preprave vypínača a pohybe osôb.

### **Spínacie prístroje**

Elektrické prístroje v silových obvodoch elektrických staníc plnia dôležité funkcie – spínanie, meranie, istenie. Ich parametre a vlastnosti musia byť prispôsobené všetkým prevádzkovaným stavom. Musia vyhovovať nielen po stránke izolačnej a z hľadiska menovitých prúdov, ale taktiež pri namáhaní prechodnými javmi napríklad pri skratoch alebo prepätiach.

Spínacie prístroje sú charakterizované nasledujúcimi parametrami [2]:

- menovité napätie – musí byť rovné najvyššiemu napätiu sústavy, pre ktorú je prístroj určený.
- menovitý prúd – odpovedá maximálnemu prevádzkovému zaťaženiu prístroja. Menovitým prúdom sa nesmú časti prístroja oteplieť nad povolenú hodnotu.
- menovitá frekvencia – prevádzková frekvencia, pre ktorú je prístroj navrhnutý a ktorému odpovedajú ostatné charakteristické hodnoty. Štandardne je to 50 respektíve 60 Hz.
- menovité zotavené napätie – je definované strmosťou a prekmitom zotaveného napätia. Ak dosahuje zotavené napätie v mieste spínacieho prístroja vyššie hodnoty ako je menovité napätie prístroja, zhoršuje to jeho vypínaciu schopnosť.

- menovitý vypínací prúd – je definovaný výrobcom. Je to prúd, ktorý spínací prístroj dokáže za predpísaných podmienok bezpečne vypnúť bez poškodenia.
- vypínacia doba – je to časový interval medzi impulzom pre vypnutie a skutočným prerušením prúdu.
- menovitý zapínací prúd – je hodnota prúdu, ktorú spínací prístroj bez poškodenia zapne.

## Vypínače

Vypínače slúžia k zapínaniu a vypínaniu elektrických obvodov pod zaťažením. Sú schopné spínať veľké výkony, v prípade poruchy sa nimi vypínajú aj preťaženia a skraty. Vypínač musí podľa podmienok daných výrobcom spoľahlivo vypnúť obvod v rozsahu od 0 až do menovitej hodnoty prúdu. Vypínače musia byť schopné vypnúť blízky skrat. Vypínače zapojené v staniciach pre záložné napájanie v staniciach bez odpojovačov musia dlhodobo vydržať plné napätie medzi vstupnými a výstupnými svorkami.



Obr. 2-7 Výkonový vypínač HD4 izolovaný plynom SF6 [7]

## Odpájače

Slúžia v rozvodných zariadeniach k bezpečnému a viditeľnému odpojeniu odbočky, čo je veľmi dôležité napríklad pri oprave alebo údržbe vypínača. Odpájačmi je možné spínať obvody pod napätím, dané obvody nesmú byť zaťažené ani pri zapínaní ani pri vypínaní. Sú schopné spínať malé indukčné alebo kapacitné prúdy, transformátory naprázdno.





Obr. 2-8 Vonkajší odpájač typ KBE1 [8]

## Odpínače

Odpínače sú spínacie prístroje, ktoré slúžia k spínaniu vonkajších vedení vysokého napätia a to viditeľným spôsobom. Odpínačmi je možné spínať obvody pod napätím, dané obvody môžu byť zaťažené pri vypínaní menovitým prúdom, zapínací menovitý prúd býva zvyčajne vyšší ako vypínací. Môžu byť umiestnené na stĺpoch vo zvislej alebo vodorovnej pracovnej polohe. Ich ovládanie môže byť s ručným pohonom cez tiahlo, alebo elektromotorické taktiež tiahlom. Toto prevedenie má výhodu v tom, že umožňuje odpínač ovládať diaľkovo. Ich životnosť sa pohybuje v tisíckach cyklov.



Obr. 2-9 Vonkajší odpínač typ KBE 3S [8]

## 2.4 Schémy elektrických staníc

Schéma elektrickej stanice v podstatnej miere určuje prevádzkové vlastnosti celej stanice, najmä možnosť prevádzkovej manipulácie a spoľahlivosť. Schéma stanice je daná celou radou okolností a podmienok. Medzi základné patria:

- druh stanice,
- vlastnosti a požiadavky zásobovaného objektu alebo oblasti (požiadavky na zabezpečenie zásobovania, požiadavky na pracovné režimy a potrebách rozširovania),
- požiadavky na bezpečnú prevádzku stanice,
- veľkosť napätia a skratových pomerov,
- hospodárnosť investícií a prevádzky.

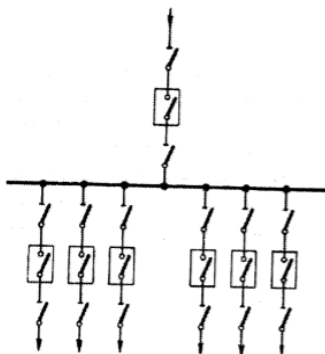
Základná schéma rozvodného zariadenia by mala byť čo najjednoduchšia. Pokiaľ je to možné, je potrebné nahrádzať vypínače jednoduchšími prístrojmi, používať schémy bez prípojnic, alebo jednoduché prípojnice, prípadne delené na úseky. Schéma by mala byť delená tak, aby rozvodné vybavenie mohlo byť dimenzované na najmenšie nutné skratové pomery. Schéma každej elektrickej stanice je tvorená prípojnicami a odbočkami. Odbočky sa zvyčajne delia do skupín, a to z nasledujúcich dôvodov:

- obmedzenie skratových prúdov,
- napájanie odbočiek z viacerých navzájom nespolupracujúcich zdrojov,
- oddelenie spotrebičov výraznejšie kolísavého výkonu od spotrebičov citlivých na kolísanie napätia,
- oddelenie vonkajších sietí od káblových,
- zaistenie dôležitých odberov pri výpadku niektorých napájačov z iného zdroja,
- oddelenie dvoch nezlučiteľných sietí. [4]

## 2.5 Schémy staníc podľa počtu a druhu prípojnic

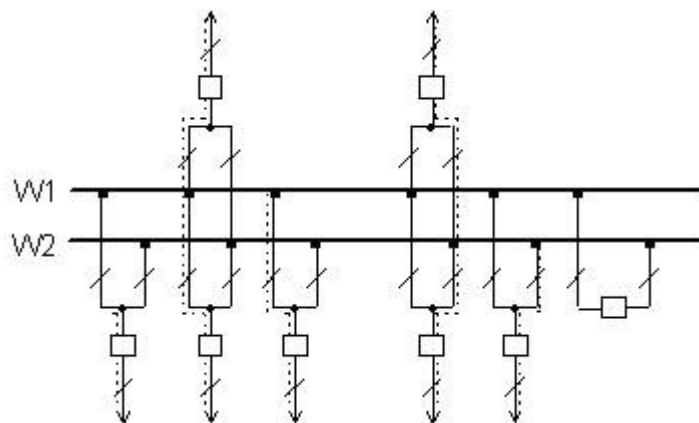
Prípojnice sú vodiče, na ktoré sa pripájajú a ktorými sú napájané odbočujúce vedenia. Prípojnice môžeme deliť priečne na systém hlavných a pomocných prípojnic a pozdĺžne na úseky. Prípojnice môžu byť uzavreté alebo naopak môžu úplne chýbať. Hlavné systémy sa označujú W1, W2, W3 a pomocné prípojnice W5. Podľa počtu a druhu prípojnic sa schémy staníc delia na:

- a) Jednoduché prípojnice – volia sa v malých a stredných staniciach za predpokladu, že nie je vyžadovaná nepretržitá dodávka elektrickej energie. Pri údržbe alebo oprave je potrebné vyradiť z prevádzky celú rozvodňu. Ich výhodou je jednoduchosť, prehľadnosť a nízke náklady. Pre zvýšenie spoľahlivosti zásobovania energiou je možné prípojnicu pozdĺžne rozdeliť, čo umožňuje v prípade poruchy odstrániť časť rozvodne.



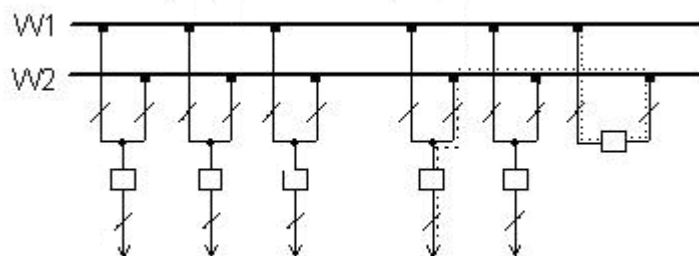
Obr. 2-10 Rozvodňa s jednoduchým systémom prípojnic [1]

- b) Jednoduché prípojnice s pomocnou – pomocná prípojnica sa využíva vtedy, keď nie je možné pri revíziách alebo opravách vypínača odbočky vypnúť odbočku ani na chvíľu. Spoľahlivosť dodávky elektrickej energie je väčšia. Toto zapojenie umožňuje takzvanú náhradnú prevádzku odbočky, keď je vypínač odbočky  $V_m$  nahradený vypínačom pomocnej prípojnice  $V_p$ . Na pomocnú prípojnicu sa pripája vždy len jedna odbočka.
- c) Dvojité prípojnice – systém s dvojitou prípojniciou sa využíva vtedy, keď je dôležité zabezpečiť vysokú spoľahlivosť dodávky. To najmä v prípadoch, keď nie je možné kvôli údržbe ani krátkodobé vypnutie alebo pri nutnosti rozdelenia prevádzky odbočiek do dvoch skupín. V prípade nutnosti rozdelenia odbočiek do viacerých skupín je možné ešte pozdĺžne rozdelenie. Takéto zapojenie umožňuje prácu na vypínači odbočky aj bez prerušenia dodávky elektrickej energie touto odbočkou.



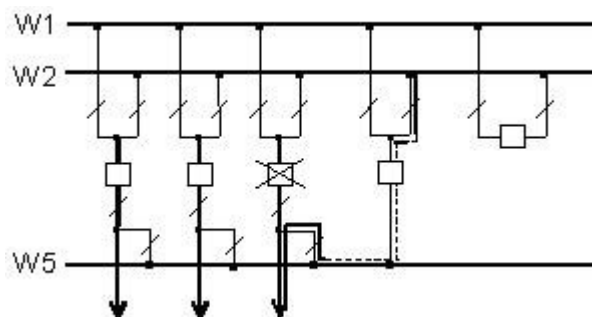
Obr. 2-11 Rozvodňa s dvojitém systémom prípojnic [1]

- d) Dvojité prípojnice, keď jedna slúži aj ako pomocná – dané zapojenie tiež umožňuje prevádzku odbočky cez pomocnú prípojnicu pri vypnutom vypínači danej odbočky. Nevýhodou tohto zapojenia je, že pri tejto náhradnej prevádzke musia byť všetky ostatné odbočky napájané z jednej prípojnice.



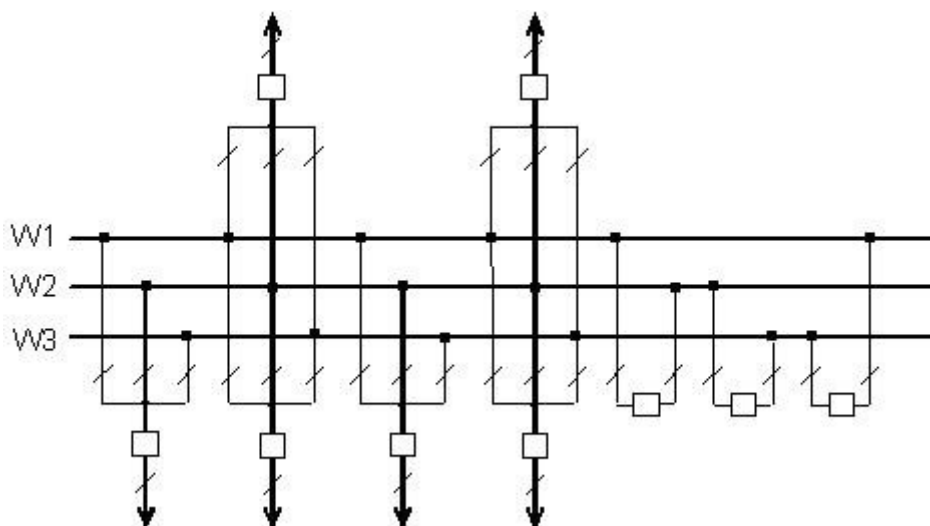
Obr. 2-12 Rozvodňa s dvojitém systémom prípojnic, keď jedna slúži ako pomocná [1]

- e) Dvojité prípojnice s pomocnou – tento systém prípojnic odstraňuje nevýhody predchádzajúceho zapojenia. Avšak je zložitejší a finančne nákladnejší.



Obr. 2-13 Rozvodňa s dvojitém systémom prípojnic s pomocnou prípojnicou [1]

- f) Trojité prípojnice – používajú sa v najdôležitejších elektrických staniách vtedy, keď dve prípojnice musia trvalo pracovať oddelene a zároveň nie je možné ani krátkodobé prerušenie dodávky elektrickej energie.

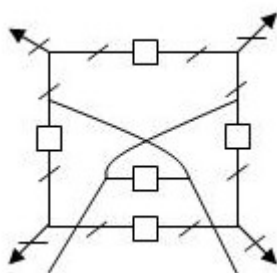


Obr. 2-14 Rozvodňa s trojitým systémom prípojnic [1]

- g) Trojité prípojnice, keď jedna slúži aj ako pomocná
- h) Trojité prípojnice s pomocnou
- i) Okružné prípojnice – tvoria takzvanú uzatvorenú sústavu prípojnic navrhnutú tak, aby každá odbočka bola zapojená medzi dva vypínače. Týmto spôsobom sa zaručí nepretržitá dodávka aj pri revízii alebo úprave niektorého z vypínačov. V tomto prípade však schéma stráca charakter okružných prípojnic, preto môže byť doplnená o záložný vypínač, ktorým môžeme nahradiť akýkoľvek vypínač. Toto zapojenie sa používa pre 3 až 6 odbočiek.

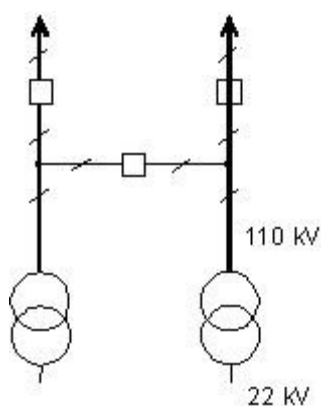


Obr. 2-15 Rozvodňa s kružnicovými prípojnicami [1]



Obr. 2-16 Rozvodňa s kružnicovými prípojnícami so záložným vypínačom [1]

j) Bezprípojniové schémy - bežnou schémou tohto typu je takzvaná H-schéma, ktorá sa používa napríklad v staniciach s 2 prívodmi a 2 transformátormi.



Obr. 2-17 Rozvodňa typu H [1]

## 2.6 Odbočky v rozvodných zariadeniach

Odbočky v elektrických staniciach delíme podľa účelu na:

1. Hlavné odbočky:

- Alternátorové,
- Transformátorové hlavné,
- Transformátorové pre vlastnú spotrebu,
- Vývodové pre vonkajšie vedenia,
- Vývodové pre káblové vedenia,
- Vývodové – motorové,
- Vývodové – kondenzátorové,
- Vývodové – tlmivkové,

- Iné.

2. Pomocné odbočky:

- Spínače hlavných prípojnic – pozdĺžne, priečne, kombinované,
- Spínače pomocných prípojnic,
- Odbočky pre meranie napätia,
- Odbočky prebleskoistky,
- Odbočky uzemňovacie,

Hlavné odbočky môžu byť podľa toku energie napájacie, vývodové alebo kombinované. Pracovné odbočky bývajú osadené plnou výzbrojou a pomocné môžu byť osadené plnou alebo čiastočnou výzbrojou.

### 3 Ovládanie spínacích prístrojov

Z technického hľadiska môže byť ovládanie prístrojov odbočiek elektrických staníc realizované ručne alebo strojovo. Ručné ovládanie sa volí pre zariadenie nn a jednoduché zariadenie vn. Vo väčších staniciach spotrebou diaľkového ovládania sa volí pohon strojový, ktorý môže byť realizovaný:

- Pneumatický – je to jednoduchý a spoľahlivý systém. Prívod vzduchu ku valcom je ovládaný elektromagnetickými ventilmi. Nevýhodou je nutnosť výroby a rozvodu stlačeného vzduchu.
- Motorický – pohon motorom je používaný hlavne pre zapnutie prístroja a pre natiahnutie vypínacej pružiny.
- Motorické s pružinou – energia nahromadená v stlačenej pružine sa použije na rýchle rozpojenie kontaktov. Pružina sa zvyčajne stláča elektromotorom.
- Elektromagnetický – tento systém sa využíva pri stýkačoch.

Vlastné ovládanie prístrojov sa realizuje z veľina stanice alebo centrálne z dispečingu. Prístroje je samozrejme možné ovládať z takzvaných deblokačných skriniek aj priamo na mieste. V malých rozvodniach sa používa len takéto ovládanie (rozvodne bez veľina).

#### 3.1 Prevádzková manipulácia

Prevádzková manipulácia slúži k riadeniu rozvodu elektrickej energie, k umožneniu opráv a revízií elektrických zariadení. Manipulácia musí prebiehať tak, aby nedošlo k ohrozeniu osôb ani zariadení, a aby nebola prerušená dodávka elektrickej energie pokiaľ to nie je cieľom manipulácie. Základné prevádzkové manipulácie s prístrojmi v jednotlivých odbočkách elektrickej stanice sú:

- Zapínanie alebo vypínanie jednotlivých prístrojov v odbočke. Je to najnižšia základná úroveň operácií, z nich sú zostavené ďalšie manipulácie.
- Zapnutie odbočky na zvolený prípojnicový systém.
- Vypnutie odbočky.
- Prepojenie danej odbočky z jedného prípojnicového systému na iný.
- Prepojenie všetkých odbočiek na zvolený prípojnicový systém.
- Prepnutie odbočky na náhradnú prevádzku.
- Vypnutie náhradnej prevádzky.



- Zrušenie náhradnej prevádzky.
- Zapnutie pozdĺžnych úsekov.
- Rozopnutie pozdĺžnych úsekov.

Tieto manipulácie sa týkajú hlavne rozvodní s prípojnícami. Pri staniciach s okružnými prípojnícami alebo bez prípojnic sa vykonávajú len niektoré z hore uvedených manipulácií. Pri všetkých manipuláciách je potrebné dodržať postup ovládania prístrojov tak, aby nedošlo ani ku krátkodobému prerušeniu dodávky elektrickej energie. Pri nedodržaní stanoveného postupu môže dôjsť k možnému poškodeniu zariadení stanice.



Obr. 3-1 Stupne automatizácie riadenia [9]

### 3.2 Blokovanie prístrojov

Pri návrhu stanice je dôležité zaistiť bezchybnú manipuláciu tak, aby nedošlo k ohrozeniu bezpečnosti osôb alebo poškodeniu zariadení. K tomuto účelu slúži blokovanie prístrojov. Blokovanie prístrojov musí byť nastavené tak, aby nedošlo k preťaženiu niektorej z častí stanice, prekročeniu vypínacej alebo zapínacej schopnosti spínačov. Toto sa docieli vzájomnou väzbou jednotlivých prístrojov v normálnych prevádzkových stavoch, ale aj pri poruchách a náhradnej prevádzke. Základné podmienky blokovania sú:

- Nedovoliť manipuláciu s odpojovačmi pokiaľ je alebo by mohlo byť napätie na ich otvorených kontaktoch.
- Odpojovače nesmú trvale sami spojovať priečne rozdelené prípojnice.
- Na pomocnej prípojnici môže byť vždy pripojená len jedna odbočka.
- Vypínač musí byť blokovaný pokiaľ odpojovače odbočky sú v medzi polohe.

Z technického hľadiska môže byť blokovanie realizované mechanicky, elektricky, pneumaticky, elektromagneticky, prípadne softwarovo. Často sa jednotlivé spôsoby kombinujú. Je dôležité, aby v prípade potreby bolo možné blokácie vyradiť z prevádzky. Mechanické pohony musia byť blokované aj pri výpadku zdroja ovládacej energie a pri strate napätia v riadiacich obvodoch. Odpojovače s ručným pohonom sa neblokujú, ale sa nahrádzajú prevádzkovým predpisom vzhľadom na funkciu rozvodne.

## **4 Dimenzovanie silového vybavenia rozvodných zariadení**

Pod pojmom silové vybavenie elektrickej stanice rozumieme všetky stroje a prístroje silnoprúdového obvodu – napríklad rozvádzače, rozvodnice, holé aj izolované vodiče nachádzajúce sa v rozvodnom zariadení. Vybavenie staníc sa dimenzuje najmä podľa:

- prevádzkového napätia,
- prevádzkového prúdu,
- účinkov skratových prúdov,
- ďalších kritérií špecifických pre konkrétne zariadenia – zotavené napätie pri vypínačoch, chladenie pri transformátoroch, tlak a spotreba vzduchu pre kompresorové stanice, namáhanie vonkajších vodičov, vonkajšími vplyvmi atď.

Pri dimenzovaní je potrebné zohľadniť i ďalšie kritériá ako sú hospodárnosť investície a prevádzky, spoľahlivosť prevádzky, bezpečnosť obsluhy a zariadenia. [10]

### **4.1 Dimenzovanie podľa prevádzkového napätia a prúdu**

Pri dimenzovaní podľa prevádzkového prúdu sa vychádza z vypočítaného prúdu a výkonu. Vodiče sa dimenzujú podľa dovolenej prevádzkovej teploty, ktorá je závislá od prechádzajúceho prúdu vodičom. Ten sa preto musí navrhnuť tak, aby sa neprekročila dovoľená prevádzková teplota. Prístroje a rozvádzače sa dimenzujú podľa svojich menovitých prúdov a to tak, že menovitý prúd musí byť vždy väčší ako vypočítaný prúd. Poistky a ističe sa dimenzujú podľa svojich menovitých prúdov a dovoľených prúdov chránených zariadení.

Pri dimenzovaní podľa prevádzkového napätia je východiskovým parametrom napätie rozvodnej sústavy. Všetky prístroje musia byť svojim menovitým napätím dimenzované na menovité napätie rozvodu. Tomuto napätiu musia tiež vyhovovať konštrukcie, vodiče, prípojnice aj odbočky. Musia byť dodržané príslušné minimálne dovoľené vzdialenosti medzi živými časťami navzájom, živými časťami a konštrukciami a zemou.

## 4.2 Dimenzovanie podľa účinkov skratových prúdov

Elektrické vybavenie stanice musí byť navrhnuté tak, aby pôsobením skratových prúdov, ktoré sa môžu v danom mieste vyskytovať, nebolo prekročené mechanické ani tepelné namáhanie. Prekročenie týchto medzných namáhaní by mohlo spôsobiť poškodenie zariadenia. Skratové výpočtové pomery, ktoré určujú dynamické a tepelné vplyvy sú určené nasledujúcimi parametrami:

- počiatočný skratový prúd,
- obmedzený skratový prúd,
- nárazový skratový prúd,
- ekvivalentný otepľovací skratový prúd,
- doba skratu,
- priebeh zotaveného napätia.

Tieto parametre sa stanovujú výpočtom. Obmedzený skratový prúd je daný pôsobením obmedzujúcich spínačov a poistiek. Tieto sú schopné svojou činnosťou vypnúť skratový prúd skôr než dosiahne svojej maximálnej hodnoty. Dobou skratu rozumieme čas do začiatku vzniku skratu po zhasnutí oblúku medzi kontaktmi vypínača.

Odolnosť prístrojov v elektrických staniach voči účinkom skratových prúdov je udávaná nasledujúcimi parametrami:

- menovitý dynamický prúd,
- menovitý zapínací prúd,
- menovitý vypínací prúd,
- krátkodobý prúd,
- doba prechodu krátkodobého prúdu.

Skratová odolnosť musí byť vždy zvolená z rady menovitých skratových pomerov, tak aby prístroj vyhovoval vo všetkých parametroch pre danú stanicu. Pri dimenzovaní vybavenia elektrických staníc je potrebné rešpektovať viaceré zásady:

- berie sa do úvahy skutočná schéma zapojenia obvodu s rešpektovaním predpokladaného rozvoja. Zapojenie, ktoré vznikne pri krátkodobom prepínaní zdrojov, sa neberie do úvahy ani keby spôsobilo zhoršenie skratových pomerov.
- pri viacnásobnom napájaní miesta skratu sa uvažujú iba prúdy, ktoré v skutočnosti naozaj pretekajú prístrojmi a vodičmi. Jednofázové zapuzdrené vodiče a káble sa dimenzujú podľa skratových pomerov na konci. Jednotlivé káble trojfázové ako aj trojfázové zapuzdrené vodiče

sa dimenzujú podľa skratových pomerov na začiatku. Prístroje, ktoré sa nachádzajú za obmedzujúcimi prístrojmi, poistkami a za zariadeniami znižujúcimi skratové pomery (tlmivky), sa dimenzujú podľa skratových pomerov znížených týmito prístrojmi. Časti elektrického zariadenia medzi prípojnícami a reaktorom, ktoré sú umiestnené v jednej konštrukčnej jednotke, sa dimenzujú podľa hodnoty obmedzeného skratového prúdu. Obmedzujúce prístroje a zariadenia za nimi nie je potrebné kontrolovať na tepelné účinky.

- Pri kontrole mechanického namáhania prístrojov a tuhých vodičov na podperách sa berie do úvahy trojpólový skrat. Pri kontrole mechanického namáhania lanových vodičov a pri kontrole doskokovej vzdialenosti sa zohľadňuje pri návrhu dvojpólový a trojpólový skrat.
- Pri určení vypínacieho času je rozhodujúca doba pôsobenia ochrany, ktorá pri poruche vypne obvod. Vypínacia schopnosť sa kontroluje pri najkratšej možnej dobe skratu. Skratová odolnosť zariadení musí byť väčšia alebo rovná skutočným skratovým pomero.

## 5 Siet'ové transformátory

Veľké siet'ové transformátory sa vyrábajú s chladením jadra aj vinutia olejom. Výkony siet'ových transformátorov môžu byť väčšie než u transformátorov blokových, avšak rozdiely medzi vstupným a výstupným napätím bývajú menšie. Uzlové body týchto transformátorov sú vyvedené tak, aby sa v sieti vvn mohli uzemniť. V sieťach vn sa naopak používa zosilnená izolácia vývodov pre pripojenie kompenzačného zariadenia. Ďalšie zariadenia rozvodní, ako sú kompenzátory, tlmivky, alebo kondenzátory, sa pripájajú vždy na terciálnu stranu vinutia transformátoru. Zariadenia vlastnej spotreby stanice, ktoré sú veľmi dôležité pre jej spoľahlivú prevádzku, je potrebné pripojiť na nezávislý zdroj (EDPS). [11]

### 5.1 Transformátory

Transformátory sú elektrické stroje slúžiace na premenu elektrickej energie z jednej napäťovej hladiny na inú. Tvoria tak hlavnú funkciu transformátorovni. Pre stanovenie výkonu hlavného transformátora v transformátorovni je potrebné zohľadniť tieto požiadavky [2] :

- výpočtové zaťaženie transformátora,
- požadovaný stupeň zálohy dodávky elektrickej energie,
- zaistenie čo najmenších strát v transformátoroch,
- prijateľné odchýlky napätia za transformátorom,
- prijateľné skratové prúdy za transformátorom,
- nízke investičné náklady.

Vypočítané zaťaženie transformátorov závisí na inštalovanom výkone a súdobosti. Inštalovaným výkonom rozumieme súčet všetkých výkonov napájaných z daného transformátora. Súdobosť je činiteľ, ktorý vyjadruje súčasnosť chodu jednotlivých napájaných zariadení. Ak je k dispozícii denný diagram zaťaženia, volíme súčtový výkon transformátorov o 50% väčší ako je priemerné denné zaťaženie. Týmto sa zaisťuje napájanie aj pre nárast výkonu v budúcnosti.

Takto zistený výkon transformátorovne zaisťuje jeden alebo viac transformátorov. Ich počet závisí od požadovanej miery plnenia daných požiadaviek. V prípade použitia jedného transformátora nie je v prípade jeho havárie alebo poruchy zaistená dodávka elektrickej energie. Ak je dôležité zaistiť

dodávku energie aj pri výpadku transformátora, volí sa viac transformátorov s takým výkonom, aby zvyšné transformátory dokázali pokryť požadovaný odber. Zvyčajne sa požadovaný výkon delí na dva transformátory zhodného výkonu. Každý ďalší transformátor rozširuje vstupné aj výstupné zariadenie, tým aj celú transformátorovňu a investičné náklady.

Základné parametre transformátorov sú:

- Menovitý výkon. Udáva sa vždy zdanlivý výkon  $S_n$  (MV.A), ktorý sa zvolí z rady normalizovaných menovitých výkonov.
- Menovité napätia, ktoré sú dané normou a sú udané osobitne pre vstupnú a výstupnú stranu transformátora.
- Prevod transformátora- je definovaný ako pomer vstupného a výstupného napätia naprázdno, čo zodpovedá pomeru závitov vinutí. Na primárnej strane sa vždy uvažuje napätie z normalizovaného radu, na sekundárnej strane býva napätia vyššie. Pri zaťažení sa výstupné napätie znižuje v dôsledku úbytku napätia na vinutiach transformátora.
- Distribučné transformátory disponujú prepínacími odbočkami, zvyčajne na vstupnom vinutí  $\pm 5\%$ . Slúžia na kompenzáciu úbytkov napätí na dlhých vedeniach. Mechanické prepnutie sa robí v bez-napäťovom stave.
- Straty transformátora, ktoré ďalej delíme na straty naprázdno a nakrátko. Straty naprázdno vznikajú vplyvom premenlivého magnetického toku a sú závislé na frekvencii a napätí. Preto sú približne konštantné a nezávisia na zaťažení transformátora. Straty nakrátko, označované tiež ako straty vo vinutí, vznikajú priechodom prúdu vinutím a rastú so štvorcom prúdu.
- Napätie nakrátko- je to napätie na primárnej strane pri spojení výstupného vinutia nakrátko, pri menovitej hodnote prúdu výstupnej strany. Vyjadruje sa v percentách vstupného menovitého napätia. Táto hodnota značne ovplyvňuje skratové pomery za transformátorom. Čím je napätie nakrátko väčšie, tým sú skratové prúdy menšie.
- Prúd naprázdno – je hodnota prúdu ktorí prechádza primárnym vinutím pri odpojenej záťaži a teda chode transformátora naprázdno. [1]

S ohľadom na straty v transformátore, je optimálne prevádzkovať transformátor na 70% menovitého výkonu. V priemyselných rozvodoch je dôležité uvažovať úbytky napätia veľkých asynchrónnych elektromotorov. Ak by došlo k príliš veľkému úbytku napätia, prejaví sa to aj na ostatných zariadeniach. Môže sa stať, že sa motor vôbec nerozbehne. Výkon transformátora a jeho napätia

nakrátko výrazne ovplyvňuje veľkosť skratových prúdov v rozvodoch za transformátorom. Pokiaľ veľkosť skratových prúdov nebráni tomu, aby transformátory pracovali paralelne, musia tieto splňovať nasledujúce podmienky [2]:

- rovnaké prevody napätia naprázdno,
- rovnaké napätie nakrátko,
- rovnaký pomer činných a jalových zložiek napätí nakrátko,
- rovnaké zapojenie transformátora,
- rovnaký hodinový uhol.

Pri paralelnej prevádzke transformátorov s rozdielnym napätím nakrátko je možné zaradiť do série s transformátorom s menším napätím nakrátko tlmivku primeraného výkonu. Týmto je možné získať lepšie využitie skupiny transformátorov.



Obr. 5-1 Transformátor aTOHn 399/22 [12]

## 5.2 Veľkosť rezervy v transformátoroch

Voľba hospodárnej rezervy vo výkone navrhovaného transformátora je veľmi dôležitým kritériom z hľadiska zabezpečenia dodávky elektrickej energie a súčasne z hľadiska vynaložených nákladov na výstavbu transformátorovne. Pri napájaní väčších oblastí z viacerých zdrojov je pri poruche alebo výpadku jedného z transformátorov dodávka elektrickej energie zabezpečená zo zostávajúcich



transformátorov. Porucha na jednom napájači zvyčajne spôsobí výpadok približne 1/6 výkonu transformátora. Zložitejšia situácia nastáva v distribučných vonkajších sieťach. Výpadok transformátora je nutné nahradiť dodávkou energie zo susednej oblasti. Z tohto dôvodu musí mať transformátor susednej oblasti dostatočnú rezervu výkonu vo vlastnej transformátorovni. Čím väčšia je rezerva výkonu, tým je menší počet potrebných vn vedení pre napájanie oblasti, v ktorej došlo k výpadku transformátora. Za 100% rezervu výkonu používame jednu jednotku v stave naprázdno a súčasne druhú zaťaženu plným výkonom. Pri návrhu vhodného riešenia sa hodnotia najmä investičné náklady vo vzťahu k rezerve výkonu. Pri využívaní dvoch jednotiek na 70% je rezerva 60%. Tento stav je optimálny vzhľadom na výšku investičných nákladov, kedy tvoria náklady približne 51% z ceny 100%-nej rezervy. V praxi sa však podľa dôležitosti dodávky elektrickej energie ako aj nerovnomernosti zaťaženia môže hodnota rezervy zväčšiť.

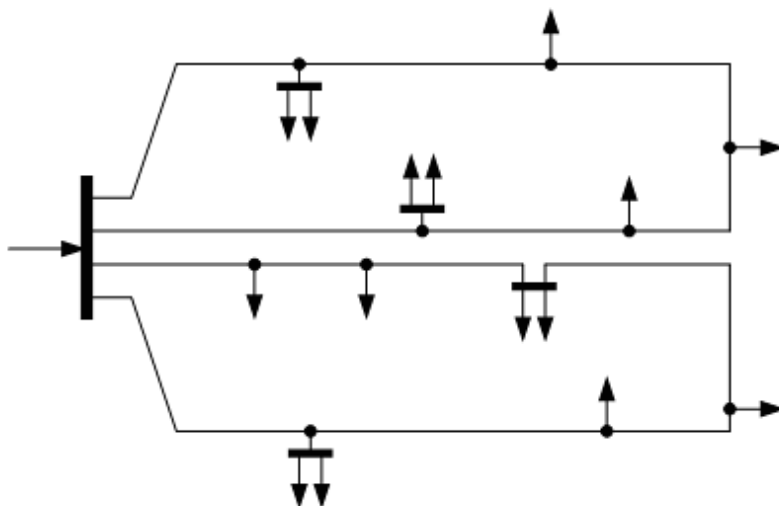
## 6 Priemyselný rozvod elektrickej energie

### Umiestnenie transformátorov a rozvádzačov

Malé priemyselné podniky s odberom približne 1 MVA majú väčšinou iba jednu transformátorovňu 22 kV/nn. Firmy s odberom asi 10 MVA majú zvyčajne hlavnú a vstupnú transformátorovňu spoločnú 22/6 kV, 6 kV/nn. Priemyselné firmy s odberom väčším ako 10 MVA majú vstupnú transformátorovňu umiestnenú v čo najvhodnejšom mieste pre pripojenie. Z tejto transformátorovne môžu byť zokruhované alebo paprskovou sieťou napájané podružné transformátorovne. Tieto transformátorovne sa už umiestňujú čím najbližšie k miestu spotreby elektrickej energie.

### Zásady pre transformátorovne v priemyselnej firme

Transformátorovne sa budujú čo najbližšie k miestam s najväčšou spotrebou elektrickej energie. Napätie vn sa privádza čo najbližšie k elektrickým spotrebičom. V prípade napájania transformátorovne vonkajším vedením sa musia zohľadniť predpísané minimálne vzdialenosti od budov a to vrátane budov plánovaných v budúcnosti. Transformátorové komory sa stavajú na severnej strane objektu z dôvodu dobrého chladenia. Vybudovanie jednej transformátorovne je obmedzené prenosovou schopnosťou káblových rozvodov nízkeho napätia. Za limitnú hodnotu sa považuje prenos 70 000 kW.m., táto hodnota odpovedá prenosu výkonu o hodnote 700 kW na vzdialenosť 100 m alebo 350 kW na vzdialenosť 200 m.



Obr. 6-1 Okružný priemyselný rozvod [13]

## 7 Elektrické ochrany a istenie v priemyselnom rozvode

### Základné pojmy

Pri prevádzke silnoprúdového elektrického rozvodu sa môžu vyskytnúť stavy, ktoré narušujú bezpečnosť prevádzky. Mohlo by dôjsť k elektrickému tepelnému alebo aj mechanickému poškodeniu izolácie vodičov alebo ostatných elektrických zariadení. Následkom týchto stavov by mohlo dôjsť taktiež k ohrozeniu bezpečnosti osôb, ktoré obsluhujú tieto zariadenia. Takéto stavy sú nežiaduce a nazývajú sa poruchami. Pri prevádzke elektrických zariadení môžu nastať nasledujúce poruchy:

- atmosférické prepätia, ktoré môžu byť priamym úderom blesku do vedenia alebo do niektorých iných častí elektrických zariadení. Prepätia môžu taktiež vzniknúť spínacími prechodmi v obvodoch s veľkou indukčnosťou alebo kapacitou. Prepätia môžu spôsobiť prerazenie izolácie alebo nežiaduce preskoky medzi živými časťami elektrických zariadení.
- preťaženie – pod týmto pojmom rozumieme zaťažovanie vodičov alebo elektrických spotrebičov prúdom väčším než je hodnota ich menovitého prúdu. Rozlišuje sa krátkodobé alebo dlhodobé preťažovanie. Krátkodobé preťažovanie nemusí byť vždy nebezpečné pokiaľ pri ňom teplota vodičov a iných živých častí silnoprúdového rozvodu nedosiahne hodnoty maximálneho dovoleného oteplenia. Naopak dlhodobé preťažovanie je nežiaduce, pretože je takmer vždy nebezpečné pre vodiče a zariadenia.
- skraty a zemné spojenia môžu nastať v jednej, dvoch alebo vo všetkých troch fázach. Prejavujú sa zvýšením zaťažovacieho prúdu v rozvodných zariadeniach, a to až niekoľkonásobne viac než je menovitý prúd. V dôsledku tohto dôjde k poklesu napätia, tento pokles je nepriamo úmerný vzdialenosti od miesta skratu. Skraty spôsobujú zvýšené tepelné a mechanické namáhanie, ktoré môže mať nepriaznivé následky pre vodiče elektrického silového rozvodu, ale aj pre spotrebiče a ostatné rozvodné zariadenia.
- znečistenie izolácie vodičov a rozvodných zariadení, ktoré spôsobuje zmenšenú hodnotu elektrickej pevnosti na povrchu izolácie, a preto môže v určitých prípadoch dôjsť k preskoku. Vplyv znečistenia sa ešte viac prejaví pri zvýšenej vlhkosti prostredia, pretože sa na povrchu izolátorov vytvára čiastočne vodivá vrstva. Už prvý preskok môže spôsobiť, že sa dané miesto stane trvale vodivým, a to až do chvíle kým nedôjde k dôkladnému očisteniu izolácie. Následky tejto poruchy sú podobné ako pri skratoch a zemných spojeniach.
- náhodné poruchy medzi ktoré patria napríklad námraza, pád stromov alebo konárov. Môžu vzniknúť zlyhaním technického zariadenia vplyvom klimatických zmien chybou človeka, prípadne iným faktorom.

Všetky uvedené druhy porúch sa vyskytujú v elektrickom silnoprúdovom rozvode nepravidelne a náhodne, a preto nie je možné im úplne zabrániť. Vhodným preventívnym opatrením je však možné ich výskyt znížiť. V prípade, že nastane porucha, je potrebné rozvodné zariadenie čo najrýchlejšie odpojiť od všetkých strojov elektrickej energie, aby sa minimalizovali následky poruchy. K tomuto účelu sa využívajú v elektroenergetike elektrické ochrany, ktoré samočinne a vo veľmi krátkom čase odpoja miesto, respektíve časť, kde došlo k poruche. Elektrické ochrany v rozvodoch nízkeho napätia sa nazývajú istiacie prístroje. Sú to umelo vytvorené najslabšie miesta elektrického rozvodu, ktoré sú navrhnuté tak, aby pri preťažení obvodu prerušili elektrický obvod.

#### Definícia ochrany

Elektrická ochrana je zariadenie, ktoré kontroluje činnosť určitej časti energetického systému. Porovnáva skutočnú a nastavenú hodnotu meranej veličiny. Informácie o stave jednotlivých veličín chráneného objektu dostáva zvyčajne z prístrojových transformátorov napätia a prúdu snímačov a prevodníkov. Ochrana spracováva informácie o napätí a prúde, vyhodnocuje ich podľa nastavených parametrov, a tým určuje, či chránený objekt pracuje správne, alebo či došlo k poruche. V prípade poruchy vypne chránený objekt. Elektrickej ochrane môže byť nadradený riadiaci člen – počítač.

#### Požiadavky kladené na ochrany v priemysle

Pri poruchových javoch v elektroenergetike je dôležité rýchle odpojiť časť siete, v ktorej došlo k poruche. Rýchlym odpojením sa zmenší rozsah poškodenia a zväčší sa dynamická stabilita paralelne spolupracujúcich synchronných strojov. V súčasnosti je rýchlosť najrýchlejších ochrán 0,02 až 0,04 sekundy. K tomuto času je však nutné pripočítať vypínicu dobu výkonových vypínačov, ktorá je približne 0,05 až 0,06 sekundy. Súčet týchto časov určuje celkovú dobu pôsobenia skratového prúdu. U niektorých ochrán je vyžadované, aby vypínanie prípadne signalizácia poruchového stavu boli časovo oneskorené. Takéto ochrany označujeme ako ochrany so záložnou funkciou, ktoré sa využívajú pri krátkodobých prevádzkových preťaženíach a menej nebezpečných poruchových stavoch.

Selektivita ochrán je schopnosť ochrany rozpoznať a vybrať zo siete práve poškodenú časť. Túto musí ochrana odpojiť najbližším vypínačom tak, aby čo najväčšia časť nepoškodenej siete ostala v prevádzke. Selektivita sa dosahuje buď časovým odstupňovaním pôsobenia ochrán, alebo vysielaním blokovacích impulzov tými úsekmi, v ktorých nedošlo k poruche a tiež aby pôsobila najbližšia ochrana.

Citlivosť ochrán je ich schopnosť reagovať na poruchy, ktoré sa vyskytujú iba v chránenom úseku, na ktorý je ochrana navrhnutá. Veličina, pri ktorej ochrana reaguje, musí byť nižšia než hodnota poruchovej veličiny. Pomer skratového prúdu a prúdu, pri ktorom ochrana reaguje, sa označuje ako koeficient citlivosti. Koeficient citlivosti sa zvyčajne volí v rozmedzí 1,5 až 2. Menšia hodnota ako 1,5 sa neodporúča kvôli bezpečnému pôsobeniu ochrany. Príliš vysoká hodnota koeficientu tiež nie je vhodná, pretože ochrana musí byť necitlivá k rôznym prevádzkovým stavom ako je napríklad zapínanie transformátorov alebo rozbeh veľkých motorov. Nadprúdovú ochranu je tiež možné kombinovať s podpäťovým článkom, pretože pri skratoch dochádza k poklesu napätia.

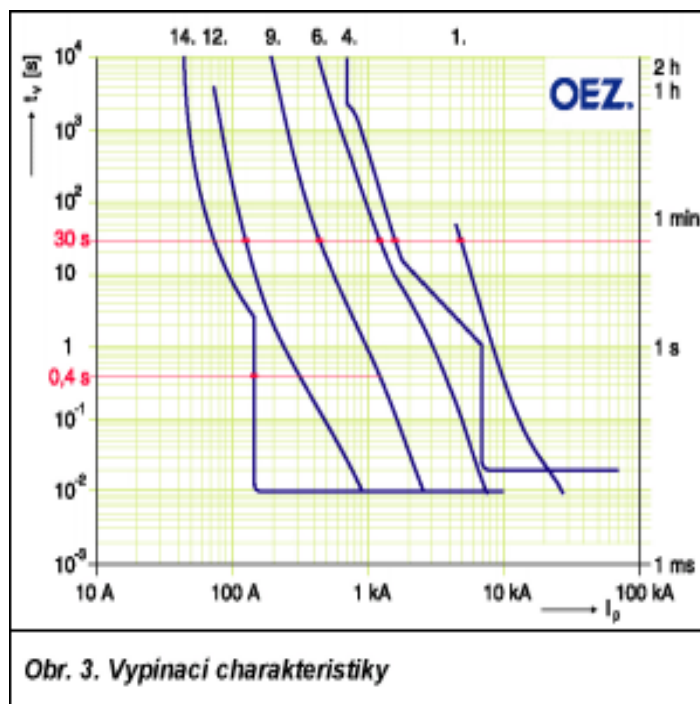
Elektrické ochrany chránia dôležité zariadenia a taktiež sa starajú o stabilný chod elektrizačnej sústavy, preto je dôležité, aby pracovali spoľahlivo. Nakoľko je ochrana väčšinou času v nečinnosti a pôsobí len pri poruchách, je potrebné ich funkciu pravidelne kontrolovať. Pre dobrú spoľahlivosť ochrán je potrebná jednoduchá konštrukcia. Taktiež sa kvôli zvýšeniu spoľahlivosti nahrádzajú mechanické časti elektrickými.

#### Vypínacie charakteristiky

Pri zaťažovaní elektrických obvodov prechádza vodičmi, ktoré tvoria rozvodné zariadenie, určitý elektrický prúd. Každý vodič aj spotrebič má určitý činný elektrický odpor. V dôsledku toho vznikajú pri prechode prúdu Jouleove straty. Tieto straty sa prejavujú otepľovaním vodičov aj spotrebiča. Vzniknuté teplo je priamo úmerné druhej mocnine elektrického prúdu.

Elektrické vodiče môžeme trvalo zaťažovať iba takým prúdom, ktorý spôsobí ich oteplenie na teplotu menšiu než je maximálna dovolená teplota vodiča. Takýto prúd označujeme ako prúd menovitý. Pri prekročení menovitého prúdu dochádza k nadmernému prehrievaniu vodičov, ktoré spôsobuje nadmerné namáhanie izolácie a rýchlejšie starnutie izolácie. Takéto prehrievanie znižuje životnosť vedenia, respektíve celého prístroja. Pre obmedzenie týchto javov sa využívajú elektrické ochrany, ktoré svojou činnosťou zaistujú to, aby prúdy väčšie ako menovitý boli včas vypnuté a to vtedy, keď teplota prístroja ešte neprekročí maximálnu dovolenú teplotu. Istiace prístroje sa vyrábajú tak, aby ich vypínacie časy boli úmerné preťaženiu. Závislosť vypínacieho času a preťaženia udáva vypínacia charakteristika ochrany. Pri prechode menovitého prúdu spotrebičom dosiahne jeho teplota najvyššiu dovolenú medzu teoreticky za nekonečne dlhú dobu. Ak dôjde k prekročeniu menovitého prúdu a dosiahne sa táto teplota v určitom čase, ktorý je jedným z bodov vypínacej charakteristiky. Zmena veľkosti prúdu spôsobuje rôznu dĺžku doby dosiahnutia maximálnej teploty. Vypínacia charakteristika isteného prístroja alebo vodiča udáva práve túto závislosť. Čím viac sa blíži vypínacia charakteristika

istiaceho prístroja vypínacej charakteristike isteného prístroja, tým je istenie lepšie. Vypínacia charakteristika istiacich prístrojov sa konštruuje tak, že čas sa vynáša na zvislú os a na vodorovnej osi je to násobok menovitého prúdu. Vypínacia charakteristika môže byť zakreslená jednou čiarou, vtedy táto čiara znázorňuje strednú hodnotu okolo ktorej je pásmo vypínania prístroja. Charakteristika môže byť zakreslená taktiež dvomi krivkami, kde plocha medzi týmito dvomi krivkami znázorňuje pásmo vypínania. Takýto druh vypínacej charakteristiky je typický pre prístroje slúžiace na istenie proti preťaženiu, označujú sa tiež ako prístroje s tepelnou spúšťou. Druhým typom je elektromagnetická spúšť, ktorá sa využíva v prístrojoch istiacim proti skratom. Ich charakteristika je časovo nezávislá, to znamená, že k vypnutiu dôjde v presne danom okamihu, ktorý závisí len na veľkosti prúdu a nie času. Vypínacia charakteristika je teoreticky pravouhlá, v praxi je tiež čiastočne závislá na čase.



Obr. 7-1 Vypínacia charakteristika [14]

## 7.1 Druhy istiacich prístrojov

### Poistky

Istia elektrický obvod tým, že sa tepelným účinkom nadprúdu alebo skratového prúdu pretaví ich tavný vodič a tým dôjde k prerušeniu elektrického obvodu. Doba, za ktorú dôjde k prerušeniu obvodu je udávaná vypínacou charakteristikou poistky. Táto je daná výrobcom. Ešte pred prerušením obvodu dokáže poistka obmedziť skratový prúd, pričom miera tohto obmedzenia je daná obmedzovacou charakteristikou poistky.

Podľa prevedenia tavej vložky sa delia poistky na:

- závitové,
- nožové,
- iné.

Podľa vypínacej charakteristiky sa delia poistky na:

- pomalé,
- normálne,
- rýchle.



Obr. 7-2 Poistka HH-SI 10/24kV 50A FC ULA 442/65 [15]

### Ističe

Ističe sú samočinné nadprúdové vypínače určené k ochrane pred preťažením a pred skratom. Funkcie nadprúdovej tepelnej spúšte býva realizovaná bimetalovým pásikom, ktorý býva priamo alebo nepriamo ohrievaný prechádzajúcim prúdom. Ako skratová spúšť sa v ističoch využíva elektromagnet, ktorý zabezpečí vypnutie pri určitej hodnote prechádzajúceho prúdu. Istič musí byť navrhnutý tak, aby

nedochádzalo k vypnutiu pri nadprúdoch, ktoré nie sú poruchové, ale vznikajú napríklad pri rozbehu elektromotorov. Výhodou ističov oproti poiskám je, že po odstránení príčiny poruchy je možné ich znovu zapnúť bez toho, aby sa muselo niečo vymieňať. Ďalšou výhodou ističov je ich schopnosť vypnúť naraz všetky tri fázy obvodu, čo je výhodné najmä pri elektromotoroch (edps).



Obr. 7-3 Vzduchový istič rady Ex9A32. [16]



## 8 Cena elektrickej energie

Cenu elektrickej energie nie je možné považovať za jeden celok, ale ako súčet jednotlivých cien a služieb. Cena elektrickej energie sa skladá z nasledujúcich položiek:

- Cena za silovú elektrinu
- Cena za distribúciu
- Cena za systémové služby
- Poplatok za prevádzku sústavy
- Poplatok za straty pri distribúcii
- Odvod do jadrového fondu
- Spotrebná daň

Z celkovej ceny tvorí cena silovej energie len asi 55%. Ceny a poplatky jednotlivých zložiek ako aj výslednú cenu elektrickej energie nemôže dodávateľ stanoviť svojvoľne. Na tvorbu ceny elektrickej energie dozerá na Slovensku Úrad pre reguláciu sieťových odvetví. Tento úrad svojím rozhodnutím číslo 0338/2014/E zo dňa 31.10.2014 stanovil pre spoločnosť Stredoslovenská energetika a.s. sadzbu za dodávku elektriny nasledovne:

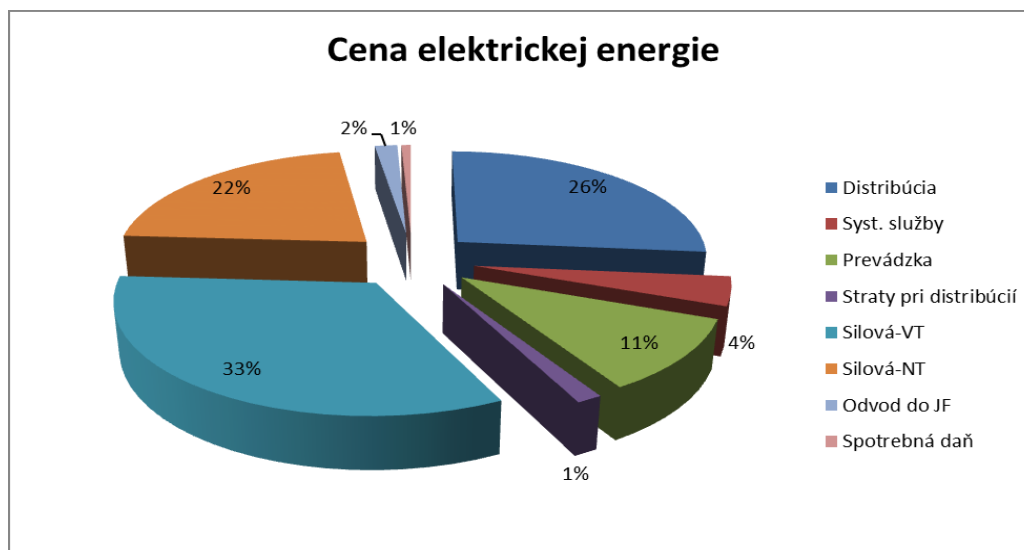
- Mesačný poplatok za jedno odberné miesto 0,65€
- Cenu za elektrinu na jednotku množstva elektriny je daná súčtom maximálnej ceny, nákladov dodávateľa a primeraného zisku.

Maximálnou cenou sa rozumie maximálna jednotková cena za dodávku elektrickej energie dodávateľom, ktorá vychádza z aritmetického priemeru denných cien oficiálneho kurzového lístka zverejneného burzou PXE (Power exchange central europe) na tri po sebe idúce kalendárne mesiace. Aritmetický priemer sa zvýši o 15% v závislosti od diagramu dodávky elektriny pre jednotlivých odberateľov a o 9% v závislosti od eliminácie rizika súvisiaceho s dodávkou elektriny.

Primeraný zisk za dodávku elektrickej energie je Úradom pre reguláciu sieťových odvetví stanovený na 14% pre odberateľov mimo domácností najviac však 8€/MWh.

Ceny stanovené je Úradom pre reguláciu sieťových odvetví sú uvedené bez dane z pridanej hodnoty, bez spotrebnej dane z elektriny a bez odvodu do Národného jadrového fondu na vyradovanie jadrových zariadení a na nakladanie s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi. [17] Z faktúr z roku 2014 bol vypracovaný graf (Obr. 8-1) ktorý znázorňuje jednotlivé zložky výslednej

ceny za dodávku elektrickej energie fakturovanej v roku 2014. Cena elektrickej energie v roku 2014 bola priemerne 0,1361€/kWh.



Obr. 8-1 Cena elektrickej energie

### 8.1 Ponuka Stredoslovenská energetika a.s.

Za účelom dosiahnutia lepšej jednotkovej ceny za dodávku elektrickej energie bola oslovená spoločnosť Stredoslovenská energetika. S touto spoločnosťou boli prediskutované požiadavky a technické parametre Skúšobne firmy INA Kysuce s.r.o. a na základe týchto údajov bola zhotovená nasledujúca cenová ponuka.

Napäťová hladina VN

Rezervovaná kapacita:	1000	kW
Silová elektrina:	42	€/MWh
Spotrebná daň:	1,32	€/MWh
Poplatok za rezervovanú kapacitu:	4845,3	€/mesiac
Tarifa za distribúciu elektriny:	11,55	€/MWh
Tarifa za straty pri distribúcii:	2,6	€/MWh
Tarifa za prevádzkovanie systému:	21,82	€/MWh
Tarifa za systémové služby:	7,92	€/MWh
Odvod Národný jadrový fond:	3,15	€/MWh

Spotreba elektrickej energie (1-11 2014):2158342kWh

Príklad výpočtu pre mesiac január

$$\begin{aligned} \text{Výsledná jedn. cena komodita} &= \text{Silová elektrina} + \text{Spotrebná daň} = 42 + 1,32 \\ &= 43,32 \text{ €/MWh} \end{aligned}$$

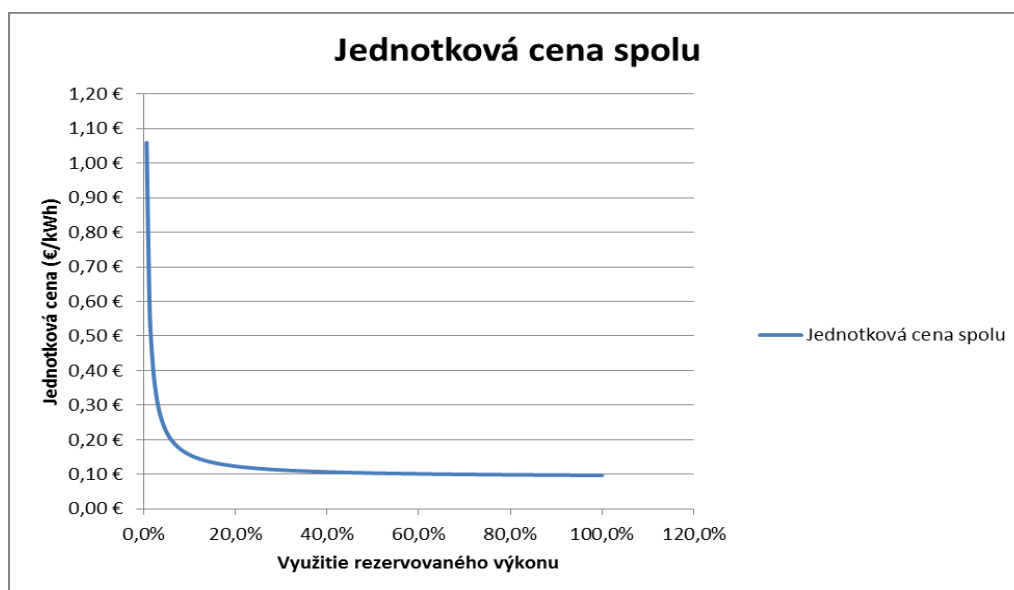
$$\begin{aligned} \text{Výsledná jedn. cena reg. časť} &= \frac{\text{Poplatok za rezervovanú kapacitu}}{\text{Spotreba elektrickej energie 1 – 11 2014}} + \\ &+ \text{Tarifa za distribúciu elektriny} + \text{Tarifa za straty pri distribúcii} + \\ &+ \text{Tarifa za prevádzkovanie systému} + \text{Tarifa za systémové služby} + \\ &+ \text{Odvod Národný jadrový fond} = \\ &= \frac{4845,3}{2158,342} + 11,55 + 2,6 + 21,82 + 7,92 + 3,15 = 71,18 \text{ €/MWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Výsledná jedn. cena spolu} &= \\ &= \text{Výsledná jedn. cena komodita} + \text{Výsledná jedn. cena reg. časť} = \\ &= 43,32 + 71,18 = 114,5 \text{ €/MWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Výsledná cena SSE} &= \text{Spotreba elektrickej energie} * \text{Výsledná jedn. cena spolu} = \\ &= 114,5 * 2158,342 = 22982,48 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Využitie rezervovanej kapacity} &= \frac{\text{Spotreba elektrickej energie}}{730 * \text{Rezervovaná kapacita}} = \\ &= \frac{2158342}{730 * 1000} * 100 = 27,5\% \end{aligned}$$

Výsledná jednotková cena nie je konštantná ale do veľkej miery je závislá na využití rezervovanej kapacity. Túto závislosť znázorňuje graf na obrázku Obr.8-2.



Obr. 8-2 Jednotková cena elektrickej energie

## 9 Charakteristika aktuálneho stavu, inštalovaný výkon, súdobosť

Pre určenie potrebného výkonu transformátorovne bolo potrebné zistiť viaceré technické parametre o skúšobni ako sú napríklad:

- Inštalovaný výkon
- Spotreba elektrickej energie a súdobosť
- Zaťaženie hlavných rozvádzačov

Na zistenie inštalovaného príkonu bola preto vykonaná fyzická kontrola všetkých typových štítkov elektromotorov a zariadení, boli ohmicky premerané všetky vykurovacie telesá. Zo získaných dát (vid. Príloha č. 1) bola zostavená tabuľka Tab. 1. Ako je viditeľné v tejto tabuľke, najväčšiu časť inštalovaného výkonu tvoria testovacie stanice a zariadenia.

Tab. 1 Inštalovaný príkon skúšobne

Inštalovaný príkon	
Stroje a zariadenia	2146,14 kVA
Osvetlenie	37,73 kVA
Počítače	24,00 kVA
Chladenie	279,39 kVA
Kompresor	11,00 kVA
Vykurovanie	3,36 kVA
Ostatné	2,50 kVA
<b>Spolu</b>	<b>2504,12 kVA</b>

Inštalovaný príkon testovacích staníc je tvorený hlavne elektromotormi a vykurovacími telesami. Na skúšobných staniciach je osadených celkovo 508 elektromotorov s celkovým príkonom 1616kVA. Súčasťou testovacích staníc je tiež 256 vykurovacích telies s celkovým príkonom 434kVA.

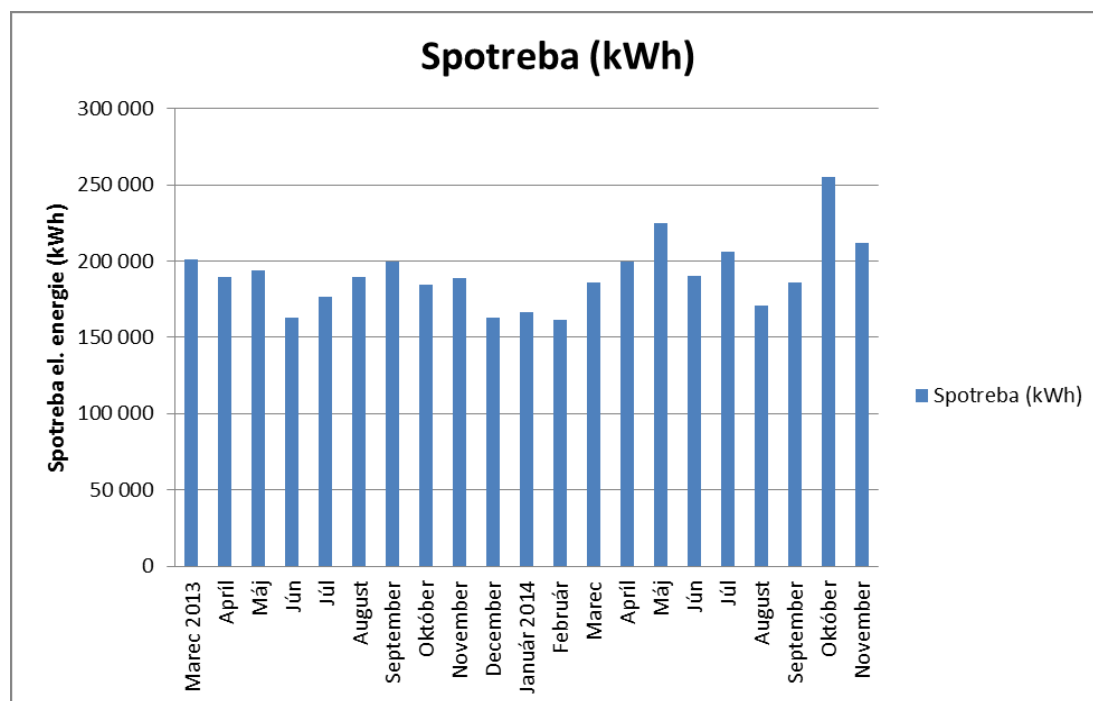
Tab. 2 Rozdelenie inštalovaného príkonu

Rozdelenie inštalovaného príkonu testovacie stanice	
Elektromotory	1616 kVA
Vyhrievanie	434 kVA
PC	39 kVA
Klimatizácia rozvádzačov	14,5 kVA
SPS, Jumo, Beckhoff	6,5 kVA
Ostatné	36,14 kVA
<b>Spolu</b>	<b>2146,137 kVA</b>

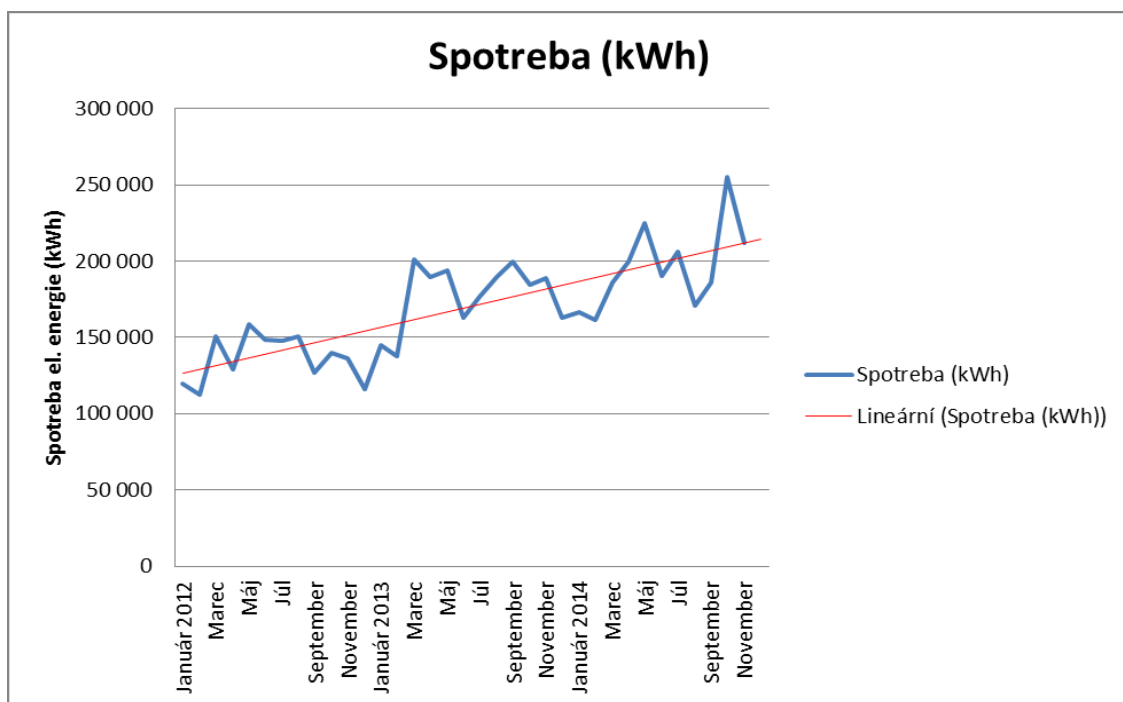
Tab. 3 Rozdelenie inštalovaného príkonu podľa oddelení

Inštalovaný príkon - skupiny testovacích staníc		
Bearings FAG - Ložiská L11, L13, L17, L38	624,57	kVA
WB - Kolesové ložiská	373,57	kVA
Bearings - Ložiská R4NN	272,16	kVA
TP - Napínacie kladky	229,07	kVA
OAP - Voľnobežky alternátora	193,94	kVA
CRB- Spojkové ložiská	176,36	kVA
Pulsers – Pulzre	141,51	kVA
BDTS - Napínacie systémy	53,98	kVA
BSD - Tyče riadenia	40,45	kVA
Ostatné	38,82	kVA

Z faktúr z roku 2012 až roka 2014 boli zostrojené grafické závislosti Obr. 9-1 a Obr. 9-2. Na týchto závislostiach je dobre viditeľný rastúci trend spotreby elektrickej energie. Tento rastúci trend je daný pokračujúcim preskladňovaním testovacích staníc. Veľký vplyv na spotrebu energie má tiež vyťaženosť jednotlivých testovacích staníc. Treba tiež dodať že snahou spoločnosti je zvyšovanie vyťaženia testovacích staníc. Všetky tieto aspekty bude potrebné zohľadniť pri návrhu transformátorovne. Taktiež je dôležitým faktorom to, že plocha areálu skúšobne nie je neobmedzená a teda aj počet testovacích staníc nemôže narastať do nekonečna.

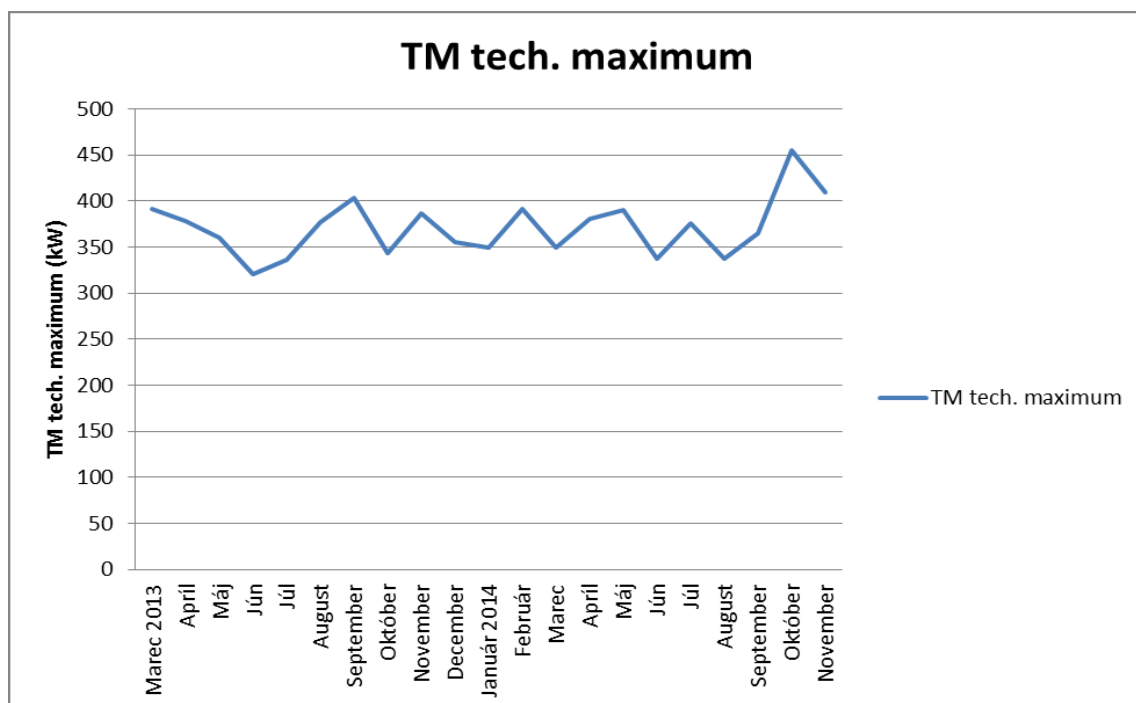


Obr. 9-1 Spotreba elektrickej energie



Obr. 9-2 Rastúci trend spotreby elektrickej energie

Za sledované obdobie bolo tiež zaznamenávané Technické maximum, ktoré znázorňuje na obrázku Obr. 9-3 maximálnu hodnotu odoberaného výkonu v danom fakturačnom období.



Obr. 9-3 Zaznamenané technické maximum

V VE hale skúšobne sú osadené 3 hlavné rozvádzače označené HR1, HR2 a HR3. Súčasťou práce bolo taktiez sledovanie a záznam využitia ich kapacity. Ako je vidieť v tabulke Tab. 4, ich kapacita je v súčasnosti dostatočná. Pri vhodnom pripojení testovacích staníc k jednotlivým rozvádzačom pravdepodobne nebude potrebné v budúcnosti zväčšovať ich kapacitu. To ale bude závisieť od počtu a druhu nových testovacích staníc ako aj od vyťaženia jednotlivých staníc. Menovitý prúd rozvádzačov bude dôležitý pre návrh transformátorovne a to konkrétne pre dimenzovanie istenia vývodov.

Tab. 4 Zaťaženie hlavných rozvádzačov

Rozvádzač	Menovitý prúd [A]	Zaznamenané technické maximum [A]
HR1	500,00	245
HR2	500,00	242
HR3	750,00	116

## 10 Návrh vhodného technického riešenia

Keďže je výrobná hala skúšobne už vybudovaná a v plnej prevádzke, nie je možné vybudovať transformátorovňu priamo v budove ako súčasť výrobnéj haly. Transformátorovňa bude ako samostatný objekt na pozemku areálu skúšobne. Nakoľko výstavba samostatnej budovy by bola časovo náročná ako aj narušenie vnútornej infraštruktúry a obmedzenia pri takejto výstavbe by boli značné, preto by bola vhodným riešením transformátorovňa kioskového typu. Keďže ide o vopred zhotovený výrobok, ktorý sa na mieste usadí na pripravené lôžko a pripojí, takáto výstavba je jednoduchšia a rýchlejšia.



Obr. 10-1 Trafostanica DOFA 1.1A [18]

Prípojný bod sa bude nachádzať na stĺpe vysokého napätia 22kV, ktorý je umiestnený vo vzdialenosti cca 200m od areálu skúšobne. Z tohto stĺpa je potrebné vybudovať vysoko napäťovú káblOVú prípojku. Z uvedených informácií vyplýva, že prevod transformátora bude 22/0,4kV a vysoko napäťový rozvádzač transformátorovne bude mať jeden privod. Na základe analýzy inštalovaného príkonu a spotreby elektrickej energie bol zvolený transformátor s výkonom 1000kVA. Pri voľbe transformátora boli taktiež zohľadnené tieto faktory: rastúci trend spotreby elektrickej energie, možnosť zvýšenia vyťažiteľnosti staníc a plánované navýšenie počtu testovacích staníc. Výkonu transformátora 1000kVA odpovedá menovitý prúd 26,24A. Na túto hodnotu je potrebné navrhnuť kábel VN prípojky. Za týmto účelom bol zvolený kábel firmy NKT-cables 3x22-AXEKVCEY

1x50/16 s parametrami :	Činný odpor:	0,443 $\Omega$ /km
	Kapacitu:	0,19 $\mu$ F/km
	Indukčnosť v zemi:	0,69 mH/km
	Prúdové zaťaženie kábla:	237 A1
	Ekvivalentný skratový prúd:	6,6 kA
	Časová otepľovacia konštanta:	261s

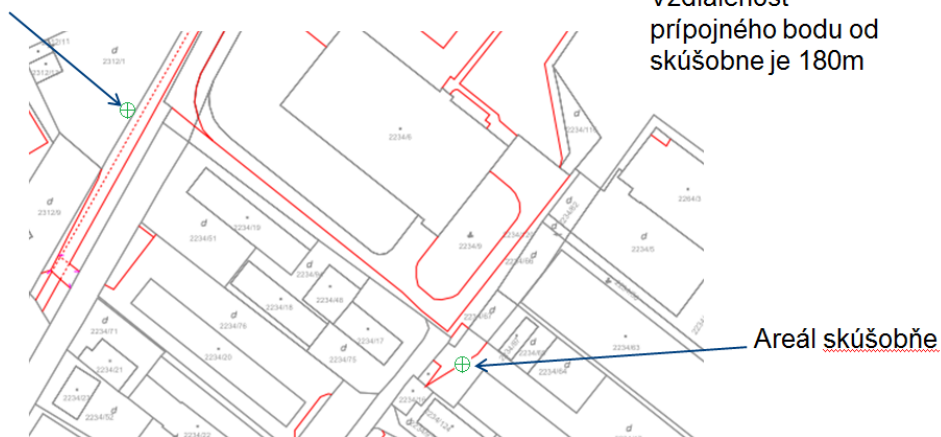


Navrhnutý kábel musí vyhovovať viacerým podmienkam ako sú:

- Zaťaženie kábla =  $11,07\% < 50\%$  - vyhovuje
- Úbytok napätia =  $0,003\% < 5\%$  - vyhovuje
- Minimálny prierez podľa tepelných účinkov skratových prúdov:  $13,54\text{mm}^2 < 50\text{mm}^2$  - vyhovuje

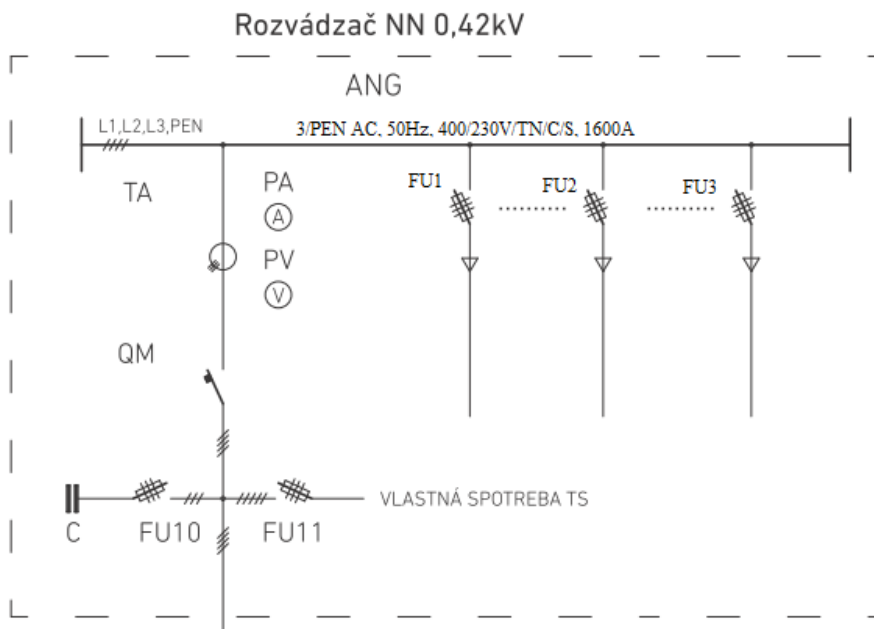
Pridelený prípojný bod- jestvujúci stĺp VN

Vzdialenosť  
prípojného bodu od  
skúšobne je 180m



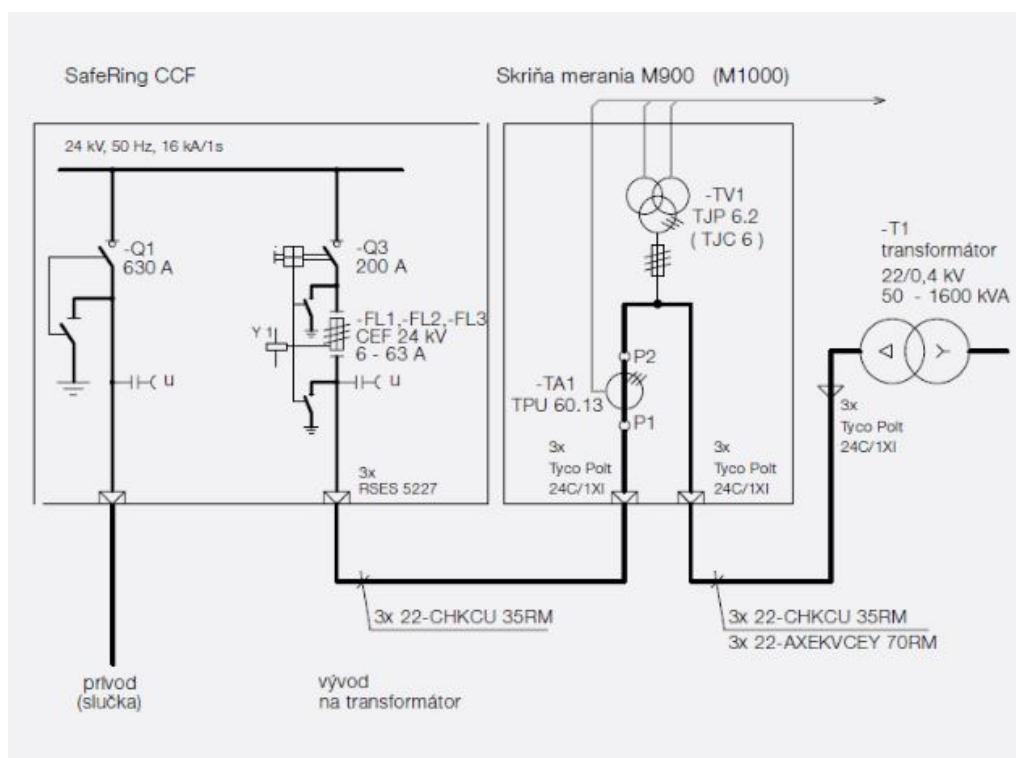
Obr. 10-2 Pridelený prípojný bod

V skúšobni sa nachádzajú tri hlavné rozvádzače, a preto by mala mať transformátorovňa tri vývody. Menovitý prúd týchto rozvádzačov je rozhodujúci pre dimenzovanie istenia vývodov nízko-  
napäťového rozvádzača transformátorovne, ktoré bolo zvolené 3x630A.



Obr. 10-4 Schéma NN rozvádzača [18]

I keď bude výkon transformátora 1000kVA, pre tento rok nie je potrebné rezervovať u dodávateľa takúto kapacitu. Tento rok by mala byť dostatočná rezervovaná kapacita 600kVA, s tým že táto sa bude postupne navršovať s rastom spotreby elektrickej energie. Spoločnosť Stredoslovenská energetika požaduje meranie na strane nízkeho napätia pri rezervovanej kapacite do 1000kVA a meranie na strane vysokého napätia pri rezervovanej kapacite 1000kVA a viac. Z tohto dôvodu je aj jedným z požadovaných parametrov transformátorovne možnosť merania na primárnej aj sekundárnej strane transformátora.



Obr. 10-3 Schéma rozvádzača CCF +M900 [18]

## 11 Odhad nákladov na výstavbu transformátorovne

Na základe požadovaných technických parametrov boli oslovené dodávateľské firmy pôsobiace v elektroenergetike. Postupne som sa stretol so zástupcami viacerých firiem a prediskutoval s nimi požadované technické parametre. Niektoré spoločnosti sa zaoberajú len výstavbou samotných transformátorovni, niektoré zase len transformátormi a niektoré zabezpečujú komplet výstavbu vrátane vysokonapäťovej prípojky. Zo získaných cenových ponúk je možné zostaviť cenovú kalkuláciu, ktorá pozostáva z nasledujúcich položiek:

- Vytvorenie prípojného bodu- toto bude pozostávať z rozpojenia jestvujúcej trasy vedenia. Vedenie spája dve regulačné stanice a slúži ako záloha. Rozpojením trasy vysokého napätia vypínačom, vznikne prípojný bod so samostatným prívodom z rozvodne, pričom sa zachová možnosť zálohy. Vybudovanie prípojného bodu bude v režii spoločnosti SSE.
- VN prípojka bude realizované vysokonapäťovým káblom, s odhadovanými nákladmi 20000€.
- Transformátorovňa bola zvolená DOFA 1.1As rozvádzačmi firmy ABB za cenu 29250€. K cene trafostanice sa účtuje ešte doplatok 990€ za skúšačky napätia, skratovacie súpravy, záchranný hák a hasiaci prístroj.
- Z ponúkaných transformátorov bol zvolený olejový s výkonom 1000kVA. Straty naprázdno sú 770W a straty nakrátko 10500W. Cena transformátora je 10670€.
- Za vypracovanie projektovej dokumentácie firmy účtujú 20000€.
- Pripojovací poplatok do siete vysokého napätia je fakturovaný spoločnosťou Stredoslovenská energetika a.s. Cena tohto poplatku je závislá na veľkosti pripojeného transformátora. Cena je 15,4€ za každý pripojený kilowat. V prípade 1000kVA transformátora to je 15400€.

Tab. 5 Prehľad nákladov

Náklady na výstavbu		
Vytvorenie prípojného bodu	0,00	€
Vybudovanie VN prípojky	40 000,00	€
Transformátorovňa	31 000,00	€
Transformátor	10 700,00	€
Projektová dokumentácia	20 000,00	€
Pripojovací poplatok do siete VN	15 400,00	€
<b>Spolu</b>	<b>117 100,00</b>	<b>€</b>

## Záver

Diplomová práca sa zaoberá návrhom transformátorovne pre skúšobňu firmy INA Kysuce. Jej cieľom je analýza aktuálneho stavu, zistenie možností a podmienok výstavby transformátorovne ako aj ekonomickej výhodnosti jej realizácie. Úvodné kapitoly sa zaoberajú teóriou elektrických staníc. Popisujú ich rozdelenie podľa ich funkcie, taktiež sú tu opísané výhody a nevýhody najbežnejších zapojení jednotlivých elektrických staníc. Veľký dôraz je kladený na analýzu súčasného stavu nakoľko zamestnávateľ to zahrnul do svojich požiadaviek. Preto bol vypracovaný kompletný zoznam všetkých skúšobných staníc a zariadení nachádzajúcich sa na skúšobni firmy INA Kysuce. V tomto zozname sú spracované elektrické parametre elektromotorov, vykurovacích telies aj ostatných zariadení. Takýmto spôsobom bol stanovený inštalovaný výkon skúšobne na hodnotu 2500 kVA. Ďalšie kapitoly sa zaoberajú spotrebou elektrickej energie. Boli spracované dáta za posledné 2 roky a na základe týchto dát sa stanovila súdobosť na úrovni  $\beta = 0,125$ . Technické maximum zaznamenané v roku 2014 je 455kW. Prehľad týchto údajov, ich spracovanie a trend vývoja spotreby je vypracovaný v nasledujúcej kapitole. Na základe týchto údajov bola oslovená spoločnosť Stredoslovenská energetika za účelom ponuky ceny elektrickej energie. Táto cenová ponuka a spôsob stanovenia ceny elektrickej energie ako aj konkrétny výpočet sú uvedené v nasledujúcej kapitole. Súčasná cena elektrickej energie je 0,1362€/kWh, po výstavbe transformátorovne a zmene dodávateľa je možné dosiahnuť cenu 0,1€/kWh – 0,11€/kWh. Keďže ponúkaná cena elektrickej energie je výrazne nižšia ako cena od súčasného dodávateľa, kontaktoval som spoločnosť Stredoslovenská energetika- distribúcia a to z dôvodu stanovenia podmienok pripojenia novej transformátorovne. Ďalšia kapitola sa zaoberá samotným návrhom transformátorovne a to s dodržaním INA štandardom. Je tu navrhnuté vhodné zapojenie, výber spínacích aj istiacich prvkov. Taktiež je tu zvolený transformátor vrátane stanovenia dohodnutého rezervovaného výkonu. Pri jeho určovaní bol zohľadnený aktuálny stav ale aj plány do budúcnosti, nakoľko sa počíta s preskladením ďalších staníc a teda aj s nárastom spotreby elektrickej energie. Taktiež bol pri tomto návrhu zohľadnený nárast vyťažiteľnosti jednotlivých staníc, ktorý je taktiež priamo spätý so spotrebou elektrickej energie a má rastúcu tendenciu. Ako je uvedené v prílohách, vyťažiteľnosť testovacích staníc sa značne mení v jednotlivých kalendárnych mesiacoch. Po spísaní a zosumarizovaní všetkých technických parametrov boli kontaktované dodávateľské firmy, ktoré zaslali svoje cenové ponuky. Tieto cenové ponuky boli použité ako zdrojový materiál pre záverečnú kapitolu. Záverečná kapitola je venovaná sumarizácii všetkých nákladov na výstavbu transformátorovne. Celkové náklady sú odhadované na 117000€. Výstavbou transformátorovne a zmenou dodávateľa elektrickej energie je možné dosiahnuť ročnú úsporu 47000€ až 71000€ a to v závislosti od rezervovanej kapacity a jej percentuálneho využitia. Správnym nastavením

rezervovanej kapacity je možné dosiahnuť návratnosť 2 roky. Realizácia tejto investície by bola pre spoločnosť prínosom a preto ju odporúčam a predkladám na schválenie.

## Zoznam literatúry

- [1] NOVÁK, M., V. KOPECKÝ, M. ROCH, P. BRACINÍK. *Elektroenergetika* [online]. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline Katedra výkonových elektrotechnických systémov, 27 Apríl 2005, [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://www.kves.uniza.sk/kvesnew/dokumenty/elektroenergetika1/ELEN2007/ELEN-start.htm>
- [2] PAUZA, J., Z. KRYCHÁLEK. *Elektrické stanice*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.
- [3] ENERGETIKA BUDÚCNOSTI [online]. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://energetika.webzdarma.cz/essr.php>
- [4] VERNER, J. *Elektrické stanice a vedení*. Brno: VUT, 1989. ISBN 80-214-1007-8.
- [5] ELEKTRIKA.INFO. 3M: Materiály na vn vedení – trendy [online]. Brno: ©1998-2015, [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-09-15.2785036365/view>
- [6] IVEP. Tahové kompozitní izolátory TENAX FXBW25 a FXBW38 [online]. Brno: ©2009, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.ivep.cz/vyrobní-program/izolatory>
- [7] ABB. HD4, výkonový vypínač izolovaný plynem SF6 [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.abb.sk/product/db0003db004279/54b73bb444aabcd6c12574570061275a.aspx?productLanguage=sk&country=SK>
- [8] IVEP. Venkovní odpínače, úsečníky a odpojovače [online]. Brno: ©2009, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.ivep.cz/vyrobní-program/venkovni-odpinace-a-odpojovace-vn>
- [9] KOVARČÍK, T. Elektrické stanice – ročníkový projekt 2008 [online]. Žilina: Žilinská univerzita, 2008. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: [http://www.kves.uniza.sk/kvesnew/dokumenty/Clanky\\_studentov/Kova%C5%99%C4%8D%C3%ADk,%20T.%20Elektrick%C3%A9%20stanice.pdf](http://www.kves.uniza.sk/kvesnew/dokumenty/Clanky_studentov/Kova%C5%99%C4%8D%C3%ADk,%20T.%20Elektrick%C3%A9%20stanice.pdf)
- [10] SANTARIUS, P. *Elektrické stanice a vedení*. Ostrava: VŠB, 1990.

- [11] HRADÍLEK, Z. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*. Ostrava: VŠB, 2008.
- [12] KOČÍ-VALÁŠEK. Olejové hermetizované transformátory [online]. Znojmo: ©2014. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.koci-valasek.cz/nove-transformatory/kategorie/2#prettyPhoto>
- [13] PROCHÁZKA, R. Druhy elektrického silnoproudého rozvodu [online]. Praha: ©2001-2015. [cit. 2015-03-20]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4035-druhy-elektrickeho-silnoproudeho-rozvodu>
- [14] ELEKTRO. Časopis pro elektrotechniku. SICHR 3.0 [online]. Praha: ©2014- 2015, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/sichr-3-00-inovovana-verze—14929>
- [15] EUROVOLT. HH-SI 10/24kV 50A FC ULA 442/65 [online]. Skalica: ©2012, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: [http://www.eurovolt.sk/index.php?page=data\\_kontakt](http://www.eurovolt.sk/index.php?page=data_kontakt)
- [16] NOARK. Jištění, měření a analýzy sítí do 4000A [online]. Praha: ©2014, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.noark-electric.cz/Napsali-o-nas-17/Jisteni-mereni-a-analyzy-siti-do-4000-A-vzduchove-jistice-Ex9A-246/>
- [17] ÚRAD PRE REGULÁCIU SIEŤOVÝCH ODVETVÍ. Rozhodnutie číslo 0338/2014/E [online]. Bratislava: 2014, [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: [http://www.urso.gov.sk:8088/CISRES/Agenda.nsf/0/3F539A3D2263AFE6C1257D82002EA880/\\$FILE/0338\\_2014\\_E.pdf](http://www.urso.gov.sk:8088/CISRES/Agenda.nsf/0/3F539A3D2263AFE6C1257D82002EA880/$FILE/0338_2014_E.pdf)
- [18] DOFA. Trafostanica DOFA 1.1A [online]. Trebatice: 2014, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.dofa.sk/dofa-1-1.phtml?id3=37416>

## Zoznam príloh

I.	Inštalovaný príkon: BDTS - Napínacie systémy .....	57
II.	Inštalovaný príkon: Bearings FAG - Ložiská L11, L13, L17, L38 .....	59
III.	Inštalovaný príkon: BSD - Tyče riadenia.....	66
IV.	Inštalovaný príkon: CRB- Spojkové ložiská.....	67
V.	Inštalovaný príkon: OAP - Voľnobežky alternátora .....	72
VI.	Inštalovaný príkon: Pulsers - Pulzre .....	74
VII.	Inštalovaný príkon: TP - Napínacie kladky .....	76
VIII.	Inštalovaný príkon: WB - Kolesové ložiská .....	79
IX.	Inštalovaný príkon: Bearings - Ložiská R4NN.....	85
X.	Inštalovaný príkon: Ostatné .....	89